



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - YLEMPI AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SELVITYS VARASTON AUTOMATISOINNIN KEHITTÄMISESTÄ

TEKIJÄ: Jani Ollikainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Teknologiaosaamisen johtamisen tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Jani Ollikainen			
Työn nimi SELVITYS VARASTON AUTOMATISOINNIN KEHITTÄMISESTÄ			
Päiväys	16.4.2018	Sivumäärä/Liitteet	47/0
Ohjaaja yliopettaja Jarmo Pyysalo, Savonia-ammattikorkeakoulu			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Yara Suomi Oy			
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipaikka. Työn taustalla oli halu selvittää keskusvaraston varastoautomaatin tehokkuutta, kustannussäästöjä sekä tehdä selvitystyötä samanlaisen varastoautomaatin lisäämisen kannattavuudesta kaivosvarastolle. Lisäksi haluttiin tietoa varastoautomaattien integroimisesta toiminnanohjausjärjestelmään ja sen potentiaalisista hyödyistä. Työn tarkoitus oli olla päätöksenteon tukena varastoautomaation lisäämisessä ja kehittämisessä Siilinjärven toimipaikalla.</p> <p>Teoriakatsauksessa tarkasteltiin yleisesti varastotoimintoja, kunnossapitotoimintaa ja varastoautomaatiota pääasiassa kirjallisten lähteiden avulla. Kirjallisuuskatsauksen jälkeen tutkittiin Siilinjärven toimipaikan keskusvaraston varastoautomaatin tehokkuutta hyödyntämällä varastoautomaatin raportteja. Integroinnin kannattavuutta tutkittiin toiminnanohjausjärjestelmästä ajettujen materiaalikiertolistauksen avulla. Varastoautomaation lisäämisen kannattavuutta kaivosvarastolle arvioitiin saatujen tutkimustulosten perusteella.</p> <p>Opinnäytetyön selvitystyöllä pystyttiin osoittamaan keskusvaraston varastoautomaatin lisäkkeen tehokkuutta varastotoimintoihin. Tutkimustuloksilla pystyttiin arvioimaan samanlaisen varastoautomaatin lisäämisen kannattavuutta kaivosvarastolle. Toiminnanohjausjärjestelmään integroiminen todettiin kannattavaksi keskusvaraston varastoautomaatin osalta. Opinnäytetyö osoitti, että jatkotutkimusta tarvitaan erilaisista varastoautomaatiojärjestelmistä ja kaivosvaraston layoutin uudelleensuunnittelusta.</p>			
Avainsanat kunnossapito, varastotoiminta, varastoautomaatio, integrointi, ERP			
julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Master's Degree Programme in Engineering Knowledge Management			
Author Jani Ollikainen			
Title of Thesis Development of Storage Automation			
Date	16 April 2018	Pages/Appendices	47/0
Supervisor Mr Jarmo Pyysalo, Principal Lecturer, Savonia University of Applied Sciences			
Client Organisation /Partners Yara Suomi Ltd.			
<p>Abstract</p> <p>The commissioner of the thesis was Yara Suomi Oy in Siilinjärvi. The thesis was based on the desire of the client to investigate the efficiency and cost savings of the central warehouse storage automation system and to investigate the viability of a similar storage automation system in the mine warehouse. In addition the thesis gathered information about storage automation system integration into the enterprise resource planning system and its potential benefits. The purpose of the thesis was to support decision-making in adding a storage automation system in a mine warehouse and developing the storage automation system at Siilinjärvi site.</p> <p>A literary survey was made to study warehouse functions, maintenance and warehouse automation. After the literature review, it was focused on the efficiency of the Siilinjärvi site's central warehouse storage automation system by studying the reports from the central warehouse storage automation system. The viability of integration with the enterprise resource planning system was studied with the help of the material rotation ratio lists from the system. The profitability of adding a storage automation system to the mine warehouse was evaluated based on the thesis results.</p> <p>The thesis was able to prove that the central warehouse storage automation system increased efficiency of the warehouse operations. The results of the research enabled to estimate the profitability of a similar warehouse storage automation system in the mine warehouse. The integration with the enterprise resource planning system was proved beneficial concerning the central warehouse automation system. The thesis showed the need for further research topics for re-designing the mine warehouse layout and provided more information on various storage automation systems.</p>			
Keywords maintenance, warehouse, storage automation, integration, ERP			
public			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö on tehty työnantajalleni Yara Suomi Oy:lle. Haluan kiittää Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipisteen hankintapäällikkö Katri Immosta opinnäytetyön aiheesta, kollegoitani avusta tutkimusmateriaalin hankkimisessa, perhettäni tuesta ja Savonia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyöohjaaja Jarmo Pyysaloa kannustavasta ohjauksesta.

Kuopiossa 16.4.2018

Jani Ollikainen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tausta, sisältö ja tavoite	7
1.2	Yara Suomi Oy.....	8
2	VARASTOTOIMINTA	10
2.1	Varastotoiminnan ja toimitusketjun yhteiset haasteet	12
2.2	Varaston materiaalihallintaa ja varastokiertoa	14
2.3	Tilauspisteen määrittäminen	17
2.4	Eräkoon määrittelyn säännöt	18
4	KUNNOSSAPITOTOIMINTA.....	22
4.1	Run-to-failure -ohjelma	22
4.2	Ennaltaehkäisevä ohjelma	23
4.3	Ennakoiva huolto-ohjelma	24
4.4	Kunnossapitotyypit.....	25
4.5	Varaosat ja varastot	26
5	VARASTOAUTOMAATIO	27
5.1	AS/RS -järjestelmä.....	28
5.2	Karuselliautomaatit	28
5.3	A-runkoautomaatti	29
6	VARASTOAUTOMAATTIEN ARVIOINTI.....	30
6.1	Keskusvaraston varastoautomaatti	31
6.2	Keskusvaraston nimikkeellisten materiaalien ABC-analysointi	34
6.3	Kaivosvaraston varastoautomaatin tarvekartoitus.....	36
6.4	Kaivosvaraston nimikkeellisten materiaalien ABC-analysointi	39
6.5	Agilonin integrointi toiminnanohjausjärjestelmään.....	41
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO.....	43
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	46

OPINNÄYTETYÖSSÄ KÄYTETYT LYHENTEET JA SELITTEET

KPI = Key Performance Indicator

ERP = Enterprise Resource Planning

MRO = Maintenance, Resource, Operative

SKU = Sales Keeping Unit

Agilon = Konecranes Oy:n AS/RS-varastoautomaattijärjestelmä

Lattiavarasto = Tarveainemateriaalit

AS/RS = Automatic Stock and Retrieve System

EDI = Electronic Data Interchange

XML = Extensible Markup Language

JIT = Just In Time -periaate

MTTF = Mean Time To Failure

MTBF = Mean Time Between Failures

IDocs = Intermediate Document

SAP = Yritys, toiminnanohjausjärjestelmä

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta, sisältö ja tavoite

Varastotoiminta on tärkeässä osassa jokaisen yrityksen päivittäisissä rutiineissa. Riittävä ja viisas varastointi varmistaa omalta osaltaan korkean tuottavuuden edellyttämän häiriöttömän ja katkeamattoman toiminnan. Häiriöttömän tuotannon ylläpitäminen on kuitenkin haastavaa varsinkin, kun varastoihin sitoutuvaa pääomaa halutaan minimoida mahdollisimman tarkasti. Tehokas varastotoiminta on tasapainottelua riittävän tuotevalikoiman ja korkean varaston kiertonopeuden välillä. (Richards 2011, 1.)

Vuoden 2017 keväällä Yara Suomi Oy:n Siilinjärven keskusvarastoon hankittiin Konecranes Oy:n Agilon-varastoautomaatti. Richardsin (2011, 2) mukaan digitalisoitumisen ja varastoautomaation kehittyessä työkaluja tehokkaaseen varastohallintaan on enemmän tarjolla. Varastotoiminnoissa varastoautomaatit ovat yleistyneet ja ne ovat potentiaalisia parantamaan tehokkuutta, palvelutasoa ja alentamaan kustannuksia. Kaikkiin varastomalleihin automaatio ei kuitenkaan välttämättä sovellu. (Richards 2011, 2.)

Vuoden 2018 loppuun mennessä yrityksessä kartoitetaan, olisiko hyödyllistä hankkia varastoautomaatti myös Siilinjärven kaivosvarastoon. Kaivosvaraston varastoautomaatin taustalla on tarpeet, joita varastossa on ilmennyt. Tavoitteena olisi saada enemmän lämmintä varaston lattiapinta-alaa, hallita lattiavaraston kustannuksia paremmin, tehostaa varastotoimintoja ja palvelua sekä pienentää varastoinnin kokonaiskustannuksia. (Immonen 2018.)

Tämä ylemmän ammattikorkeakoulun opinnäytetyö on tehty Yara Suomi Oy:lle liittyen varastoautomaattien lisäämiseen ja kehittämiseen Siilinjärven toimipaikalla. Työn teoriaosuudessa käsitellään varasto-, kunnossapito- ja varastoautomaattitoimintaa. Tutkimusosuudessa selvitetään Siilinjärven toimipaikan keskusvaraston Agilon-varastoautomaatin avulla saavutettuja varastotoimintojen hyötyjä, tehokkuutta, kustannussäästöjä ja kehittämispotentiaalia. Opinnäytetyön tavoitteena on toimia tietolähteenä ja tukena toimeksiantajalle varastotoiminnan automaation lisäämiseen ja kehittämisen suunnittelussa. Lisäksi tehdään esiselvitystä varastoautomaattien integroimisesta yrityksen käytössä olevaan SAP-toiminnanohjausjärjestelmään.

Tutkimusmateriaali koostuu keskusvaraston varastoautomaatista saaduista raporteista sekä haastatteluista. Opinnäytetyössä tehdään ABC-analyyseja keskus- ja kaivosvaraston varastonimikkeistä. Analyysien avulla selvitetään, mitä nimikkeellisiä materiaaleja varastoautomaatteihin kannattaisi ja voisi lisätä. Näin selvitetään varastoautomaattien SAP-toiminnanohjausjärjestelmään integroinnin hyödyt. Työ on rajattu siten, että siinä käsitellään vain Siilinjärven toimipaikan keskusvarastoa ja kaivosvarastoa.

Opinnäytetyössä puhutaan nimikkeellisistä materiaaleista ja lattiavarastotuotteista, jotka ovat määritelty Siilinjärven toimipaikalla seuraavanlaisesti. Nimikkeelliset materiaalit ovat toimeksiantajan

toiminnanohjausjärjestelmään identifioituja materiaaleja. Lattiavarastotuotteet ovat olleet vuoteen 2010 saakka myös nimikkeellisiä materiaaleja, joilla on ollut nopea varastokiertonopeus. Osa nykyisistä lattiavarastotuotteista on ollut myös aiemmin kaupintavarastossa. Nämä materiaalit ollaan koettu turhan työllistäviksi tiheästi toistuvien ostotilaus- ja varastotoimintojen vuoksi. Tämän vuoksi tehtiin päätös siirtää kiertävimmät materiaalit lattiavarastotuotteiksi, jotka eivät ole toiminnanohjausjärjestelmässä. (Huovinen, 2018.) Tällä hetkellä keskusvaraston varastoautomaatissa on ainoastaan lattiavarastotuotteita. Lattiavarastotuotteiden lisäksi varastoautomaateissa olisi jatkossa tarkoitus säilyttää toiminnanohjausjärjestelmään ja varastoon identifioituja nimikkeellisiä materiaaleja.

Vuodesta 2010 eteenpäin materiaalitoimittajat ovat hyllyttäneet lattiavarastotuotteita silmämääräisesti tai erikseen sovitusti. Tällä saatiin aikaan kevyemmät rutiinit varasto- ja ostotoimintoihin. Lattiavarastomateriaali muodostuu pientavarasta sekä tarveaineista, joiden kulutus tapahtuu ympäri toimipistettä. Lattiavarastomateriaaleihin kuuluvat esimerkiksi suojavälineet, tarviketyypiset kunnossapitomateriaalit, työkalut ja muut välilliset tuotantoon tarvittavat materiaalit. Vuonna 2017 varastoautomaatti koettiin potentiaaliseksi työkaluksi lattiavarastotuotteiden hallintaan, jonka seurauksena Konecranes Oy:n Agilon-varastoautomaatti hankittiin Siilinjärven toimipisteen keskusvarastoon. (Huovinen, 2018.) Työssä käsiteltävät materiaalit ovat molempien varastojen nimikkeellisiä materiaaleja ja lattiavarastotuotteita.

1.2 Yara Suomi Oy

Yara International ASA on maailmanlaajuinen globaali yritys, joka pyrkii tuottamaan kannattavia ja vastuullisia ratkaisuja maatalouteen ja ympäristön suojeluun. Yrityksen kehitys perustuu norjalaiseen teollisuusyritykseen, Norsk Hydro, joka on perustettu vuonna 1905. Siitä lähtien industrialistit Sam Eyde, Kristian Birkeland ja Marcus Wallenberg hyödynsivät Norjan suuria vesivoimavaroja tuottamaan yhtiön ensimmäistä tärkeää tuotetta, mineraalilannoitetta, joka herätti huomiota kaikkialla maailmassa, koska se mahdollisti viljelijöille parempaa saantia sadoistaan. (The History of Yara, 2018.)

Vuosikymmeniä myöhemmin, kun Norsk Hydro oli itse laajentunut toimintaansa lannoitteiden lisäksi öljyalalle ja metalleihin, päädyttiin tilanteeseen, että muut toimialat jatkoivat omana yhtiönään ja alkuperäinen yhtiö keskittyisi maataloustuotteisiin. Yara International ASA esitteli itsensä Oslon pörssissä vuonna 2004. (The History of Yara, 2018.)

Kemira perustettiin vuonna 1920, jonka alkuperäinen nimi oli Valtion Rikkihappo- ja Superfosfaattitehtaat. Vuonna 1961 nimi muutettiin Rikkihappo Oy:ksi, jonka jälkeen vuonna 1972 Kemira Oy:ksi. Kemira-konsernin liiketoiminta laajentui tänä aikana lannoitteiden ja rikkihapon tuotannosta lukuisiin teollisuuskemikaaleihin. Kemiran kansainvälistyminen alkoi 1960-luvun lopulla lannoiteviennillä. Vuonna 1994 Kemiran liiketoimintayksiköt yhtiöitettiin ja lannoiteliiketoiminnan nimeksi tuli Kemira Agro. Samalla myös Kemiran osakkeet listattiin Helsingin Pörssiin. Vuonna 2004 Kemira Agro Oy irtautui Kemira Oyj:stä ja samalla muutti nimensä Kemira GrowHow:ksi. Kemira

GrowHow:sta tuli maailman suurimman kivennäislannoittajan, Yara International ASA:n, tytäryhtiö vuonna 2007. Muutos Yaraksi sai alkunsa Suomen valtion myytyä osuutensa Kemira GrowHow'n osakkeista Yaralle. (Yara Suomen historia, 2018.)

Nykyään Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipaikan päätuotteita ovat lannoitteet ja fosforihappo. Lannoitteita tuotetaan noin 500 000 tonnia ja fosforihappoa 300 000 tonnia vuodessa. Siilinjärvellä toimii myös Länsi-Euroopan ainoa fosfaattikaivos ja Suomen suurin avolouhos. Siilinjärven apatiitti tunnetaan yhtenä maailman puhtaimpana apatiittina. Yara Suomi Oy:lla on Suomessa kolme tuotantolaitosta: Uudessakaupungissa, Kokkolassa ja Siilinjärvellä. (Yara Suomessa 2018.)



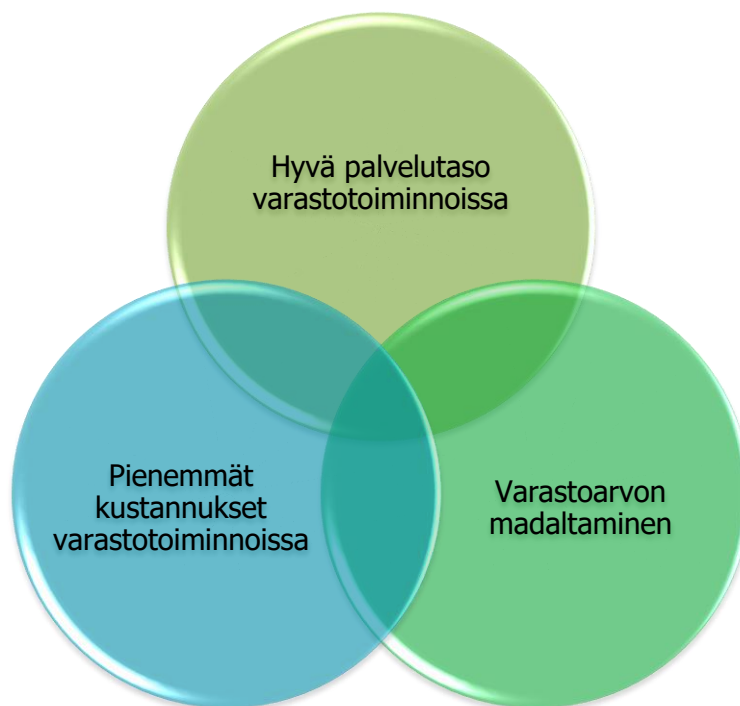
KUVA 1. Ilmakuva Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipaikasta (Yara Suomi Oy 2015.)

Varastoautomaation kehittämistä ajatellen täytyy ymmärtää myös varastotoiminnan tarkoitus kokonaisuutena, jotta pystytään tekemään mahdollisimman tehokkaita ratkaisuja.

Varastoautomaatiota ei kannata ajatella irrallisena osana varastoa, vaan se on yksi osa kokonaisuudesta, joka tukee päätoimintaa. Nykypäivän automaatiolla, robotiikalla ja parempien toiminnanohjausjärjestelmien avulla on suuri potentiaali vaikuttaa varaston tehokkuuteen ja helpottaa työmäärää. Varastotoiminnan perusasiat täytyy olla hyvin kunnossa ennen kuin uudempaa teknologiaa otetaan käyttöön. Huonon prosessin automatisointi voi nopeuttaa toimintaa, mutta ei tee siitä yhtään tehokkaampaa. (Richards 2011, 2.)

Varastoja on viitattu menneessä ajassa usein kustannuspaikoiksi, mutta harvoin lisäarvoa tuottaviksi toimintapaikoiksi. Tuotannon hiljattainen painottuminen Kaukoitään, verkkokauppojen yleistyminen ja kuluttajien kasvava vaatimustaso ovat asettaneet myös vaatimuksia varastotoimintaan. Nykyään varastot nähdään elintärkeänä osana modernin ajan toimitusketjua. Tämä asettaa paineita varastohallintaan, kuinka parantaa tehokkuutta, tarkkuutta ja kuinka alentaa kustannuksia sekä varastoarvoja samanaikaisesti palveltaessa ulkoisia tai sisäisiä asiakkaita. (Richards 2011, 7.)

Logistiikka muistuttaa hyvin paljon kaksiteräistä miekkaa, jossa käydään vaihtokauppaa tiettyjen ominaisuuksien välillä. Varastotoiminnassa on riippuvaisuuksia, joilla on vaikutusta toisiinsa: hyvä palvelualltius ja tehokas toiminta, kustannusten minimointi ja varastoarvojen madaltaminen. Nämä voi käytännössä tiivistää kolmeen osa-alueeseen: kustannuksiin, asiakaspalveluun ja varastoarvoon. Seuraavaksi alla on kuvio (1) varaston riippuvaisuuksista. (Richards 2011, 28.)



KUVIO 1. Varastotoiminnan riippuvaisuussuhteita (Richards 2011, 28.)

Toimitusketjun rooli on varmistaa oikeiden tuotteiden saatavuus, oikea määrä ja oikealle asiakkaalle oikeaan paikkaan ajoissa. Myös materiaalin laatu ja hinta pitäisi olla tyydyttävällä tasolla.

Varastotoiminta suorittaa tärkeää roolia tässä kokonaisuudessa toimittaessaan oikeat tuotteet asiakkaille. Se vaatii oikeanlaiset merkinnät materiaaliin, jotta tunnistus on mahdollista tehdä.

Oikeanlainen säilytys ja materiaalin käsittely varmistaa, että tuote lähtee varastosta eteenpäin mahdollisimman puhtaana ja viattomana. (Richards 2011, 8.)

Perinteisesti varastot on nähty pääosin vain materiaalin fyysisinä säilytyspaikkoina, joissa pyritään säilyttämään vain oikea määrä tavaraa, joka vastaa tarpeeseen. Varastolla on silloin vain roolina toimina puskurina. Varastotoiminnan näkyvyys toimitusketjun hallinnassa ei juuri ole saanut näkyvyyttä sekä informaation kulku on hidasta. Tästä johtuen yritykset päätyvät usein tilanteeseen, jossa säilyttävät varastossa enemmän materiaalia kuin oikeasti olisi tarvetta. (Richards 2011, 8.)

Arnold, Chapman ja Clive (2014, 268) kertovat varaston hallinnasta, että se sisältää varastokierron tarkkailua, tarjonnan ja kysynnän tarkkailua, varastojen toimintojen kehittämistä, varastohallinnan ohjeistuksia ja varastohallinnan kustannusten selvitystyötä.

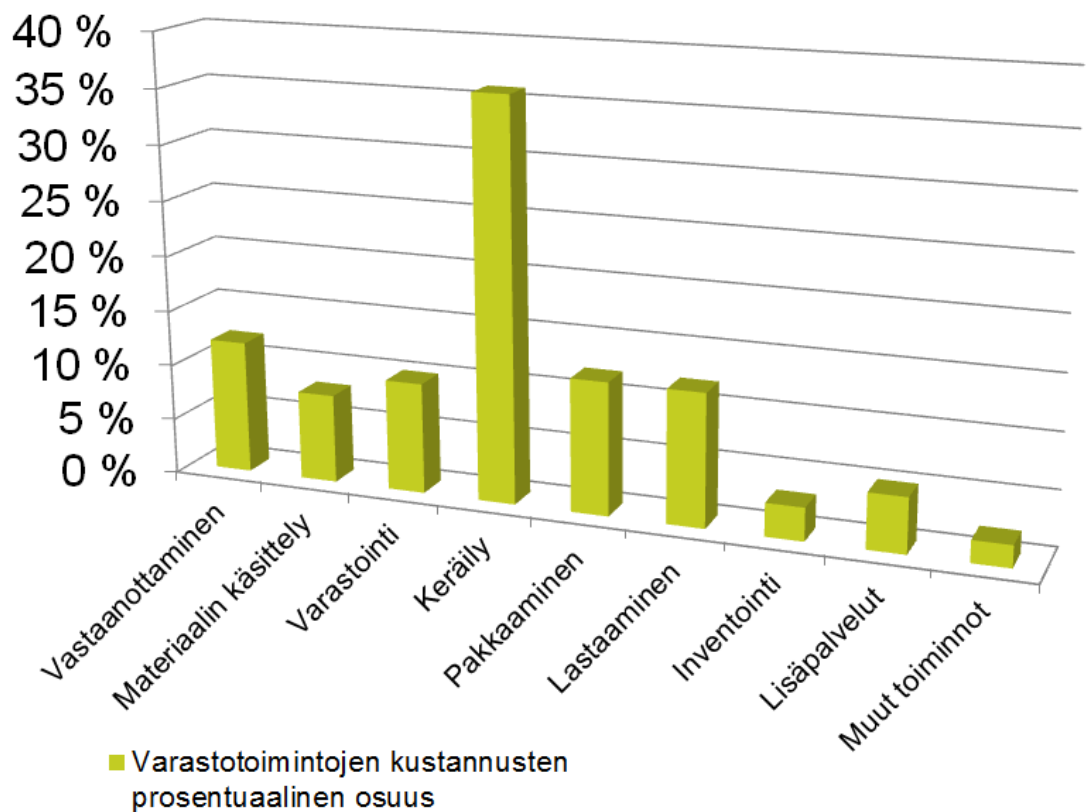
Varastohallintaa täytyy myös tehdä yleisten varastotoimintojen lisäksi materiaalitasolla.

Materiaalien hallintaan on hyvä luoda perussääntöjä ja vastuita varastohenkilökunnalle, jotta varastohallintaa voidaan toteuttaa tehokkaasti. Säännöt voivat sisältää esimerkiksi kriittisyysmäärittelyä, materiaalien vaatimat varastointisäännöt, hankintaerän- ja tilauspisteen määrittelyä. (Arnold ym. 2014, 268.)

Varastoitavia tyyppejä on perinteisessä varastomallissa olemassa neljä erilaista. Raaka-ainevarasto, jossa säilytetään jatkojalostukseen meneviä materiaaleja ja komponentteja. Välivarastoja, joissa säilytetään esimerkiksi eri toteutusvaiheessa olevia tuotteita. Valmiiden tavaroiden varasto, jossa nimensä mukaisesti säilytetään tuotteita tai materiaaleja, jotka voidaan toimittaa loppuasiakkaalle. Kauttakulkuvarastossa säilytetään materiaaleja, jotka ovat menossa toimitukseen asiakkaille tai esimerkiksi tuotantoon. Kauttakulkuvarastossa pyritään säilyttämään tuotteita just-in-time -periaatteen mukaisesti. (Richards 2011, 9.)

Richards (2011, 16) toteaa, että varaosien varastointi voi olla suurikin kustannus. Tässä kuitenkin täytyy ottaa huomioon, mitkä ovat potentiaaliset kustannukset, mikäli esimerkiksi tehtaan toiminta joudutaan keskeyttämään varaosan vuoksi, jota ei ole saatavilla varastosta. Tämä korostaa kriittisten varaosien määrittelyä, kun optimoidaan varastoarvoa. (Richards 2011, 16.)

Seuraavalla sivulla oleva kuvio (2) näyttää varaston toiminnoista keskimääräisesti aiheutuvat kustannukset. Richardsin (2011, 44) mukaan ylivoimaisesti suurin osa, noin 35 % varastotoimintojen kustannuksista, aiheutuu toimitusten keräilystä.



KUVIO 2. Varastotoimintojen kustannusten prosentuaalinen osuus kokonaiskustannuksista (Richards 2011, 44.)

2.1 Varastotoiminnan ja toimitusketjun yhteiset haasteet

Richards (2011, 29) toteaa, että tämän päivän varastotoiminnan haasteet ovat monipuolisia ja sisältävät sisäisiä- sekä ulkoisia tekijöitä. Varastotoiminnassa on havaittu selkeästi seuraavia kehittämisen kohteita:

Käyttökustannusten madaltaminen

Yritykset ovat kohdistaneet huomionsa toimitusketjuihin ja huomanneet potentiaalin, miten kustannuksia pystytään madaltamaan varastotoiminnoissa. Tämä asettaa haasteita asiakaspalvelun laatuun ja on johtanut myös yritykset arvioimaan, miten varastotoimintojen ulkoistamisella ja myös logistisen operoinnin ulkoistamisella voitaisiin saada hyötyä omalle toiminnalle. (Richards 2011, 28.)

Täydellisen tilauksen vastaanottaminen

Toimitusketjuun on myös lisätty toiminnan seuraamiseksi indikaattori (KPI), kuinka monta täydellistä vastaanottoa on tehty. Täydelliseksi vastaanotoksi luetellaan toimitus, joka on toimitettu ajallaan ja täydellisessä kunnossa, jossa ei ole jälkitoimituksia ja jonka mukana tulevat oikeanlaiset asiakirjadokumentit. Näin pystytään seuraamaan eri toimittajien välillä eroja ja puuttumaan tehokkaammin ongelmatapauksiin. (Richards 2011, 29.)

Toimitusajat

Toimitusajaksi määritellään ajanjakso, kun tilaus on lähetetty toimittajalle ja kun toimitus on vastaanotettu tilauksen mukaisessa päätepisteessään. Toimitusajalla on monesti suuri rooli toimittajienkin kilpailutuksessa, koska tarve ja ajankohta määräävät monesti suurissa osin päätöksenteossa. Tämä voi johtaa siihen, että toimitusketjussa joudutaan tyytymään huonompilaatuisiin tuotteisiin, mikäli toimitusaikoihin ei varauduta ajoissa. Tällöin korostuu varastoinnin osuus. (Richards 2011, 29.)

Pienet ja usein toistuvat toimitukset

Valmistajat ja jälleenmyyjät ovat jatkuvasti ajamassa varastoarvojen pientymistä, kun taas vähittäiskaupat pyrkivät nostamaan lattiamyyntitilaa ja pienentämään samanaikaisesti myös varastoja. Just-in-time -periaate johtaa pienempiin ja usein toistuviin toimituksiin. Tämä taas lisää varastotoimintojen määrää, kun vastaanottoja ja tilausten käsittelyitä tulee enemmän. Myös yksittäisten tilausten hyllyttäminen varastossa on haasteellisempaa kuin suurempien pakkausten. (Richards 2011, 30.)

Suuret kysynnän vaihtelut

Kysynnän suuret vaihtelut asettavat haasteita varastoinnin suhteen, koska materiaalia saattaa olla liian vähän tai aivan liian paljon senhetkiseen kysyntään. Tämä korostuu enemmän kuluttajapohjaisessa ympäristössä, jossa pyritään ennustamaan markkinoita. Yritykset varautuvat kysynnän äkilliseen kasvamiseen varmistamalla useampia hankintakanavia ja kartoittamalla toimittajia. (Richards 2011, 30.)

Arnold ym. (2014, 270) myös toteavat, että suurissa kysynnän vaihteluissa on hyvä pitää yllä varmuusvarastoa materiaaleista, jotka on tunnistettu epäsäännöllisiksi, mutta kriittisiksi varastoida. Varmuusvarastolla tarkoitetaan minimimäärää materiaalista, jota pidetään aina varastossa. (Arnold ym. 2014, 270.)

Varastointiyksiköiden kasvu

Tuotetyyppien runsas kasvu kasvattaa myös varastoimisen tarvetta. Kun materiaalia joudutaan nostamaan korkeammalle säilytystiloihin, käsittelyajat pitenevät ja varastoiminen hankaloituu. Lattiatasolla olevat varastot ovat helpompia käsitellä, mutta vaativat myös paljon varastopinta-alaa. Materiaalien erilaiset variaatiot ja osakokonaisuudet asettavat haasteita varastoinnin sijoittamiselle, jotta hakuajat saataisiin säilymään maltillisina. (Richards 2011, 31.)

Työvoiman kustannus ja saatavuus

Korkeamman työllisyyden aikana monissa maissa työvoimakustannukset ovat nousseet samaa tahtia työllistymisen kanssa. Varastojen henkilöstön keski-ikä nouseessa on hankalampi uusien työntekijöiden päästä alalle, joka taas asettaa haasteita kokeneen työvoiman löytymiseen työmarkkinoilta. (Richards 2011, 31.)

Datan ja informaation kerääminen oikein

Varastotoiminnoista tulee erittäin paljon jatkuvalla syötöllä kallisarvoista tietoa koko toimitusketjulle ja ensimmäisenä tulee varmistaa, että tieto varastotoimista tulee oikeaan paikkaan sekä toisena, että tietoa ylipäätään tallennetaan ja pidetään yllä. Ongelmatilanteissa jäljitettävyyks on tärkeää sekä toiminnan korjaamisen ja virheiden ehkäisemisessä. (Richards 2011, 32.)

Seuraavaksi taulukko (1) Richardsin (2011, 28-33) mukaan yleisimmistä haasteista sekä siitä, mitä toiminnallisia toimenpiteitä ne vaatisivat varastotoimien osalta.

TAULUKKO 1. Varastotoiminnan yleisimmät haasteet ja toimenpiteet niiden torjumiseksi (Richards 2011, 28-33.)

YLEISIMMÄT HAASTEET	TOIMENPITEET
Käyttökustannusten madaltaminen	Tuottavuuden lisääminen, tilankäytön, henkilöstön ja välineiden tehostaminen
Täydellisen tilauksen vastaanottaminen	Tuottavuuden parantaminen, tarkkuuden lisääminen, käsittelyn ja toiminnanohjauksen parantaminen.
Toimitusajat	Kriittisten materiaalien kartoittaminen ja varautuminen
Pienet ja usein toistuvat toimitukset	Keräilyn tehostaminen, teknologian kehittäminen varastossa
Suuret kysynnän vaihtelut	Kulutuksen seuraaminen ja mahdollisimman hyvä ennustaminen. Ennustaminen vaatii kokemusta. Varmuusvaraston ylläpito.
Varastointiysiköiden kasvu	Tilankäytön tehostaminen, automaattit ja hyllytilan tehostaminen
Työvoiman kustannus ja saatavuus	Henkilöstön sitouttaminen työolojen parantamisella, joustavat työajat ja tuottavuuden lisääminen
Datan ja informaation kerääminen oikein	Toiminnanohjausjärjestelmien kehittäminen

2.2 Varaston materiaalihallintaa ja varastokiertoa

Varastotoiminnot pyrkivät ylläpitämään riittävät puskurivarastot samalla keräten tietoa niistä. Tämä tieto jaetaan varastotoiminnoista toimitusketjun muille kollegoille. Varastotoiminnot myös pyrkivät tunnistamaan nopeasti, keskinopeasti ja hitaasti liikkuvia materiaaleja. Tätä kutsutaan ABC-analyysiksi, jossa materiaalit luokitellaan kolmeen tai useampaan luokkaan kiertävyytensä mukaan. Kiertävyysrajat luokitellaan varaston luonteen ja toimialan mukaan. Informaation kulku toimitusketjun sisällä on tärkeää, jotta voidaan suorittaa välttämättömät toimenpiteet varastotoimintojen kehittämiseksi. (Richards 2011, 123.)

Arnold ym. (2014, 268) kertovat, että ABC-analyysin jälkeen olisi hyvä puuttua myös kiertävimpiin materiaaleihin ja tarkastella niitä erikseen massasta, mikäli kehitettävää varastokiertoa tai yleistä

varastonhallintaan on mahdollista soveltaa. Kun toiminnalle oleelliset materiaalit on kartoitettu, olisi hyvä tarkastella ostotilauksien määrää ja optimoida ostokerrat kiertävyyden mukaan edullisimmaksi toimintoja ajatellen. Tilaushistoriasta voidaan tarkastella tilausten ajankohdat ja näitä voidaan optimoida paremmin sesonkiluontoisissa tuotteissa. Myös tarkemmin tarkastellessa materiaaleista voidaan hahmottaa selkeitä kulutuskuvioita ja näitä analysoimalla voidaan puuttua pullonkaulahetkiin, ylivarastointiin ja varastossa varastoitavien materiaalien tarpeeseen. ABC-analyysi antaa lisäksi koko toimitusketjulle ymmärryksen, mihin osa-alueeseen kannattaa kilpailuttamisessa kiinnittää eniten huomiota. 20 % kiertävimmistä tuotteista saattaa muodostaa jopa 80 % varaston kokonaisarvosta, B-luokkaan kuuluvat 15 % ja C-luokkaan kuuluvat 5 %. Tämä tekee A-luokan materiaalin hahmottamisen erittäin oleelliseksi. (Arnold ym. 2014, 268.)

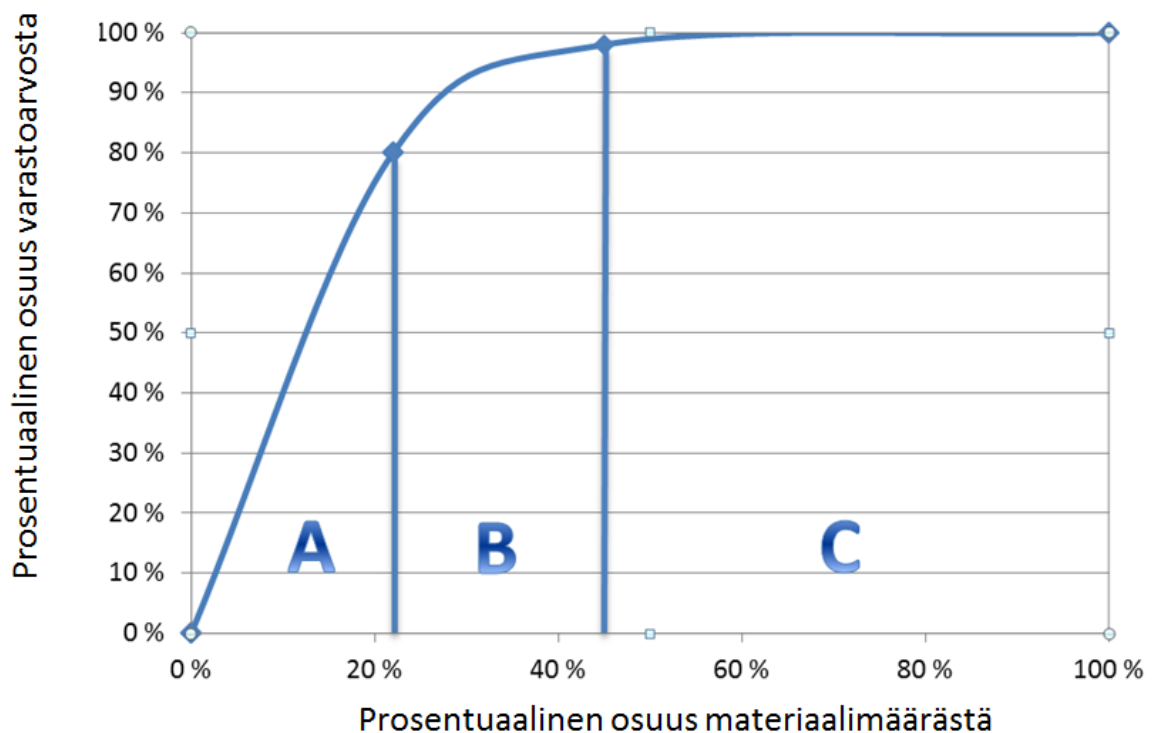
Richards (2011, 124) käyttää seuraavanlaista määrittelyä varastokierron ABC-analyysissa. Taulukossa (2) kiertonopeus on määritelty jälleenmyyntivaraston standardien mukaan. Eriluontoisissa varastoissa rajat voivat olla erilaiset. (Richards 2011, 124.)

TAULUKKO 2. ABC-analyysi varastokierrosta (Richards 2011, 124.)

Luokka	Kuvaus	Prosentuaalinen osuus materiaaleista
A	Nopea varastokierto	20 %
B	Keskinopea varastokierto	35 %
C1	Hidas varastokierto	45 %
C2	Erittäin hidas varastokierto, mutta määritelty varastoitavaksi	
O	Käytöstä pois jäänyt tai ei liikkuva materiaali	
S	Eriytynen tai kertaluonteisesti hankittava materiaali	
X	Ei varastoitava tai standardi materiaali	

Taulukossa (2) A-luokkaan kuuluvat materiaalit ovat kaikista nopeimmin kiertäviä (20 %). B-luokassa on keskinertaisesti kiertävät (35 %). Tämän jälkeen alkaa vaikeampi määrittely hitaasti liikkuvien materiaalien osalta. Normaalit hitaasti liikkuvat on jaettu kahteen osaan: hitaasti liikkuvat ja erittäin hitaasti liikkuvat, joiden varastokierto on tiedossa ja materiaali on erikseen määritelty varastoitavaksi. Näitä materiaaleja ovat esimerkiksi kunnossapidon tarvitsemat varaosat. O-luokkaan kuuluva materiaali on jäänyt pois käytöstä tai ei ole liikkunut ollenkaan. S-luokkaan kuuluvat kertaostomateriaalit. X-luokka on ei-varastoitaville. Kiertämättömät materiaalit muodostavat yhdessä 45 % osuuden kaikista materiaaleista. (Richards 2011, 124.)

Seuraavaksi kuvio (3) Arnoldia ym. (2014, 282) mukaillen, miten varastoarvo koostuu kiertonopeuden ABC-analyysin mukaan. Alla kuvio (3), jossa verrataan varastoarvon määrää suhteessa materiaalin määrään. Kuvion (3) kiertonopeudet on segmentoitu.



KUVIO 3. Varastoarvo suhteessa materiaalin määrään ABC-käyrässä (Arnold ym. 2014, 282.)

Arnold ym. (2014, 282) ovat sitä mieltä, että A-luokan materiaaleihin tulisi kiinnittää eniten huomiota ja varmistaa, että niitä seurataan säännöllisesti. A-luokan materiaaleista täytyy pitää yllä tarkkaa dataa sekä pyrkiä ennustamaan tarpeita ja varmistamaan toimitusajat. B-luokkaan kuuluvia materiaaleja kannattaisi myös seurata säännöllisesti, mutta ne eivät vaadi yhtä paljon resursseja analysointiin kuin A-luokka. C-luokkaan kuuluvaa täytyy varmistaa, että löytyvät aina varastosta ja niitä on tarpeellista seurata.

Richards (2011, 124) on määritellyt kaksi kaavaa (1 ja 2) varastokierron hahmottamiseen.

KAAVA 1. Varastokierron kaava (Richards 2011, 124.)

$$\text{Varastokierto} = \frac{\text{Käytetty varastoarvo}}{\text{Koko varastoarvo}}$$

Tai

KAAVA 2. Vaihtoehtoinen kaava varastokierto (Richards 2011, 124.)

$$\text{Varastokierto} = \frac{\text{Vuosittainen kulutus}}{\text{Keskimääräinen varastosaldo}}$$

Richards (2011, 124) on määritellyt varastokiertonopeuksille rajoja eri toimialoille taulukossa (3). Mitä korkeamman luvun aikaisemmin esitetyillä kaavoilla saa, sitä paremmin yritys suoriutuu varastokierrosta (Richards 2011, 124).

TAULUKKO 3. Varastokiertonopeuksien määrittelyä (Richards 2011, 124.)

150 tai enemmän	Just-in-time -periaate
120 tai enemmän	Elintarvikkeille
18 tai enemmän	Jälleenmyynti
10-30	Euroopan tuotantoteollisuus
3 tai enemmän	Varaosamyymälät

Inventaariokello

Inventaarioon suositellaan työkaluksi ABC-analyysia, jonka jälkeen luodaan inventaariokello jokaiselle luokalle. A-luokan materiaaleista tulisi inventoida 8 % joka viikko. Tästä seuraa, että jokaisella kvartaalilla kiertävimmät materiaalit ovat inventoitu. B-luokasta tulisi inventoida 4 % viikoittain eli inventaariota suoritetaan kokonaisuudessaan B-luokan suhteen kaksi kertaa vuodessa. Hitaimmin kiertävät C-luokan materiaalit inventoidaan 2 % viikoittain. Tällöin hitaimmin kiertävimmät tuotteet inventoidaan kerran vuodessa. (Richards 2011, 124.)

Bolten (2018, 79) esittää, että inventaario on hyvä keino päästä analysoimaan varaston sisältöä. Varastosta voi paljastua viallisia, puuttuvia tai väärin identifioituja materiaaleja. Saldojen päivittämisen avulla saadaan myös ajan tasalla oleva varastoarvo selville. Säännöllisellä inventoinnilla pienenevät myös riskit varastotoiminnassa. (Bolten 2018, 79.)

2.3 Tilauspisteen määrittäminen

Varastotoimintojen yksi keskeisimpiä toimenpiteitä on tilauspisteen määrittäminen ja myös kuinka paljon tilataan kerralla. Päätöksentekoon on oltava selvät säännöt, vaikkakin monesti päätökset tehdään tuntuman perusteella. (Arnold ym. 2014, 292.) Poirier ja Reiter (1996, 66) ovat sitä mieltä, mikäli tilaus saadaan ajoitettua välittömästi tarpeen ilmetessä esimerkiksi automaation avulla, saadaan varmuusvarastoa pienemmäksi ja täten vähennettyä turhaa varastointia. Oikean tilauspisteen määrittäminen yhdessä nopean reagoimisen kanssa tehostaa varastoinnin tarvetta huomattavasti. (Poirier ja Reiter 1996, 66.)

Varastoissa tehdään jokaisen materiaalin kohdalla kontrollia merkitsemällä se määrättyllä varastointikoodilla (SKU). Varastointikoodi on varastonimikkeen identifioiva koodi, jolla se eritellään järjestelmässä. Esimerkiksi kahdella samanlaisella, mutta erikokoisella t-paidalla, on kummallakin oma varastointikoodi. Myös samalla materiaalilla, jota varastoidaan eri varastoissa, voi olla kummallakin omat SKU -merkinnät. (Arnold ym. 2014, 292.)

2.4 Eräkoon määrittelyn säännöt

Arnold ym. (2014, 292) ovat määritelleet seuraavanlaisia sääntöjä eräkoon määrittelyyn.

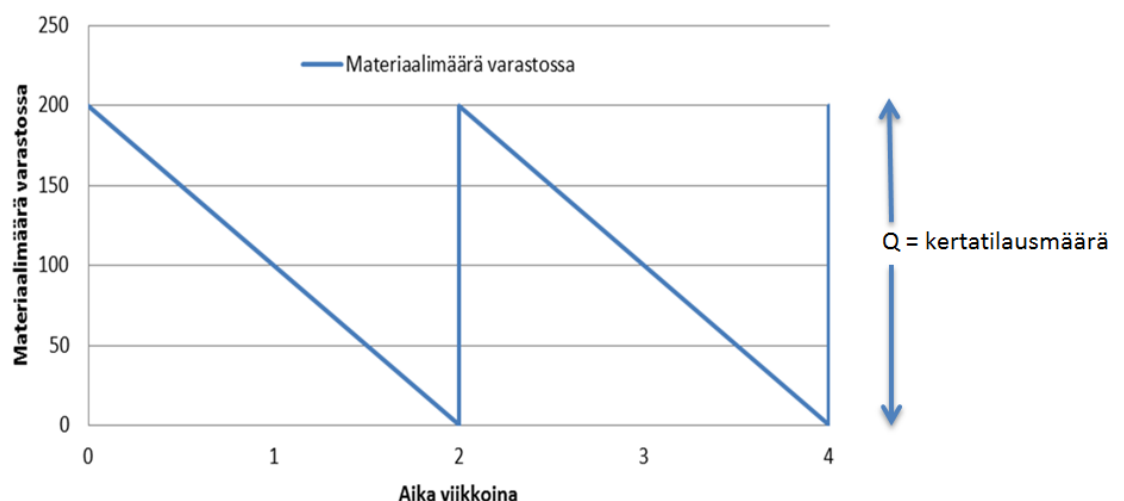
Lot-for-lot -sääntö määrittelee tarkalleen, minkä verran tilataan vain tarpeeseen kyseisellä hetkellä. Sääntö on sidottu tiettyyn määrään, jota voidaan määritellä tilanteen muuttuessa tai vaatiessa. Tämä tekniikka vaatii vielä lisätietoa materiaalin aikataulutuksesta (MRP, Material Requirements Planning) toimiakseen. Tätä sääntöä käytetään eniten just-in-time -periaatteella olevissa materiaaleissa. Vain tarpeeseen tilatessa varastoon ei jää ylimääräistä saldoa. Toisin sanoen materiaalia ei varastoida kuin vain hetkellisesti tarpeeseen. (Arnold ym. 2014, 292.)

Fixed-order quantity -sääntö on yksinkertainen ja silloin materiaalille määritellään selkeä eräko, kuinka paljon tilataan kerralla. Se on helposti ymmärrettävissä, mutta ei välttämättä optimaalisin toiminnan kannalta. Tämän säännön kanssa pitää määritellä myös tilauspiste kertatilausmäärän lisäksi. Varastoitavan maksimimäärän, jota varastossa pidetään voidaan määrittää. Tällöin tilattava määrä määräytyy maksimivarastomäärän ja varaston senhetkisen saldon erotuksena. Yleisimmin käytetty tapa laskea tilattava eräko on käyttää taloudellisen tilausmäärän kaavaa. (Arnold ym. 2014, 292.)

Taloudellista tilausmäärän (EOQ = Economic-Order Quantity) määrittelyä voidaan käyttää, mikäli materiaali täyttää seuraavat ehdot (Arnold ym. 2014, 292):

1. Tarve on jatkuvaa ja materiaali on riittävästi kiertävää
2. Tuotetta ostetaan erissä
3. Tilattavan materiaalin arvo on vakio. (Arnold ym. 2014, 292.)

EOQ-kaavaa voidaan käyttää, kun yllä olevat ehdot ja alla oleva oletus (kuvio 4) täyttyvät. Yllä olevista ehdoista on seuraavalla sivulla esimerkki, jossa kertatilausmäärä Q on 200 kappaletta ja kulutus viikon ajanjaksolla aina 100 kappaletta, josta alla kuvio (4). (Arnold ym. 2014, 292.)



KUVIO 4. Varastosaldon muuttuminen ajan kuluessa (Arnold ym. 2014, 303.)

Kuviossa (4) toistuu sahareunainen kuvio, kun varastosaldo hupenee ja sitä täydennetään aina uudestaan. Kuvion Q kertoo kertaostomäärän. Jos aiemmin mainitut ehdot toteutuvat, voidaan laskea esimerkiksi keskimääräinen varastossa kiertävä määrä kaavalla (3). (Arnold ym. 2014, 304.)

KAAVA 3. Keskimääräisen varastosaldon kaava (Arnold ym. 2014, 304.)

$$\text{Keskimääräinen varastosaldo} = \frac{\text{Tilausmäärä}}{2} = \frac{200}{2} = 100 \text{ kappaletta}$$

Seuraavassa taulukossa (4) kustannukset tyypillisesti elävät kertatilausmäärän muuttuessa, kun tilausmäärä Q kasvaa kertaostoksen kuljetuskustannukset pienenevät. Tietyn pisteen jälkeen suuremmissa tilauksissa kuljetuskustannukset alkavatkin kasvaa. Taulukon viimeinen sarake kokonaiskustannukset lasketaan kaavalla (4). (Arnold ym. 2014, 303.)

TAULUKKO 4. Tilauksen kustannukset (Arnold ym. 2014, 306.)

Kertatilausmäärä kappaleina (Q)	Tilaukustannukset (€)	Kuljetuskustannukset (€)	Kokonaiskustannus (€)
50	400	25	425
100	200	50	250
150	133	75	208
200	100	100	200
250	80	125	205
300	67	150	217
350	57	175	232
400	50	200	250

Taulukon (4) kokonaiskustannukset lasketaan kaavalla (4), jossa:

A = Vuosikulutus

S = Tilauksesta aiheutuvat kulut

i = Vuosittaiset kuljetuskustannukset (oletusarvo 0,2)

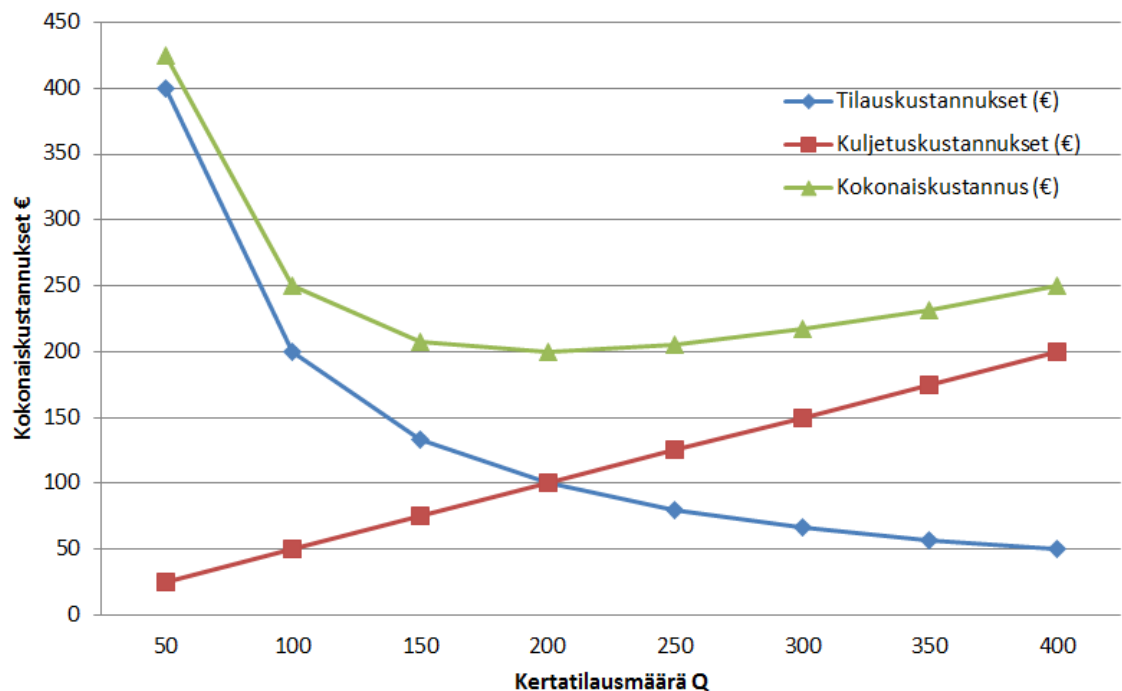
c = Materiaalin yksikköhinta

Q = Tilausmäärä

KAAVA 4. Kokonaiskustannuksen kaava (Arnold ym. 2014, 306.)

$$\text{Kokonaiskustannus} = \frac{A}{Q} * S + \frac{Q}{2} * c * i$$

Kun taulukko (4) muutetaan käyräksi, nähdään selkeäksi kohta, jossa kuljetuskustannukset ja ostokustannus kohtaavat 200 eräkoon kohdalla. Alla kuvio (5), jossa tämä näkyy. (Arnold ym. 2014, 307.)



KUVIO 5. Tilauksesta aiheutuvat kustannukset (Arnold ym. 2014, 307.)

Kuvion (5) perusteella voidaan olettaa, että optimaalisin kertaostomäärä on, kun kuljetuskustannukset ovat yhtä suuret ostokustannusten kanssa. Tästä voidaan johdatella suoraan kaava tilausmäärän Q ratkaisemiseksi kaavoilla (5 ja 6). (Arnold ym. 2014, 307.)

KAAVA 5. Kuljetuskustannusten yhtäläisyys ostokustannusten kanssa (Arnold ym. 2014, 307.)

$$\frac{Qic}{2} = \frac{AS}{Q}$$

Kaavasta (5) johdetaan Q-tilausmäärä kaavaan (6) (Arnold ym. 2014, 307).

KAAVA 6. Tilausmäärän kaava (Arnold ym. 2014, 307.)

$$Q = \sqrt{\frac{2AS}{ic}}$$

Valmistavassa teollisuudessa tilauspisteen määrittelyyn käytetään yleisimmin ROP-tekniikkaa (Re-Order Point), jossa tilauspisteen määrittelyä tehdään ennustettavuuden perusteella. Tällä tavoin pyritään saamaan materiaalia uudelleentoimitettuna varastoon juuri ennen kuin olemassaolevat loppuvat. Kunnossapitotoiminnassa käytettävät materiaalit tarvitsevat kuitenkin erilaista lähestymistapaa, koska kulutus ei ole selkeästi ennustettavissa. (Adel ja Friend 2004, 1).

Kunnossapitotoiminnassa MRP-järjestelmää (Material Requirements Plannin) käytetään materiaalien tilausten hallintaan, jossa tarpeen ja tilauspisteen määrittely on monimuotoisempaa. MRP määrittelee materiaalin määrän ja ajoituksen, milloin materiaali tarvitaan toimintoihin suunnitellun kunnossapitotyön aikataulutuksen mukaisesti. Laittekokonaisuuksissa olevat varaosat voidaan käsitellä kokonaisuutena MRP-järjestelmän avulla. (Adel ja Friend 2004, 1.)

Adelin ja Friendin (2004, 1) tekemässä tutkimuksessa lentokoneiden kunnossapidosta 175 tutkitusta yrityksestä 152 yritystä käytti johdonmukaista tapaa varmuusvaraston määrittelyssä. Varastoitavan materiaalin tilauspisteen määrittelyyn käytettiin toimitusaikaan liittyviä perusteluja, varaosan hintaa, työn aikataulutusta ja käytännössä todettua kulutusta. Tilauspistettä tarkasteltiin myös statistiikan ja toteutuneiden huoltoraporttien perusteella. Nykyistä varastoa myös arvioitiin säännöllisesti ABC-analyysin avulla. (Adel ja Friend 2004, 2.)

Tehtaiden kustannusten kirjanpidossa kunnossapito usein vie suuren osan tehtaan operatiivisen toiminnan kokonaiskustannuksista. Amerikkalaisen tutkimuksen mukaan 2000-luvun loppuun mennessä keskimäärin yksi kolmasosa kokonaiskustannuksista liittyy kunnossapitoon. Suuri kokonaiskustannus myös kertoo, että kunnossapitotoiminnassa voi olla paljonkin potentiaalia kustannusten vähentämiseen. Lyhyen aikavälin kustannuksiin voivat vaikuttaa esimerkiksi viivästykset, tuotteen hylkääminen, seisokkien kestot, työkustannukset ja materiaalikustannukset. Tietokonepohjaiset instrumentoinnit monitorointiin, laitteistot ja kunnossapitotoiminnan työkalut ovat kuitenkin kehittyneet ajan saatossa ja näiden tehokas hyödyntäminen mahdollistaa tehokkaamman työskentelyn. (Mobley 2004, 2.)

MRO-materiaaleja ovat tarveaineet, joita ei suoraan käytetä lopputuotteen valmistukseen, mutta niitä vaaditaan kuitenkin toiminnan ylläpitämiseksi. MRO-materiaaleja ovat esimerkiksi varaosat, työkalut, voiteluaineet, puhdistusaineet, toimisto- ja siivousvälineet. Oikein käsiteltyinä ja varastoituina MRO-materiaaleilla saavutetaan tuotannon jatkuva ja pysähtymätön toiminta. Katkeamaton tuotannon toiminta johtaa parempiin tuloksiin lopputuotteen osalta. (Arnold ym. 2014, 272.)

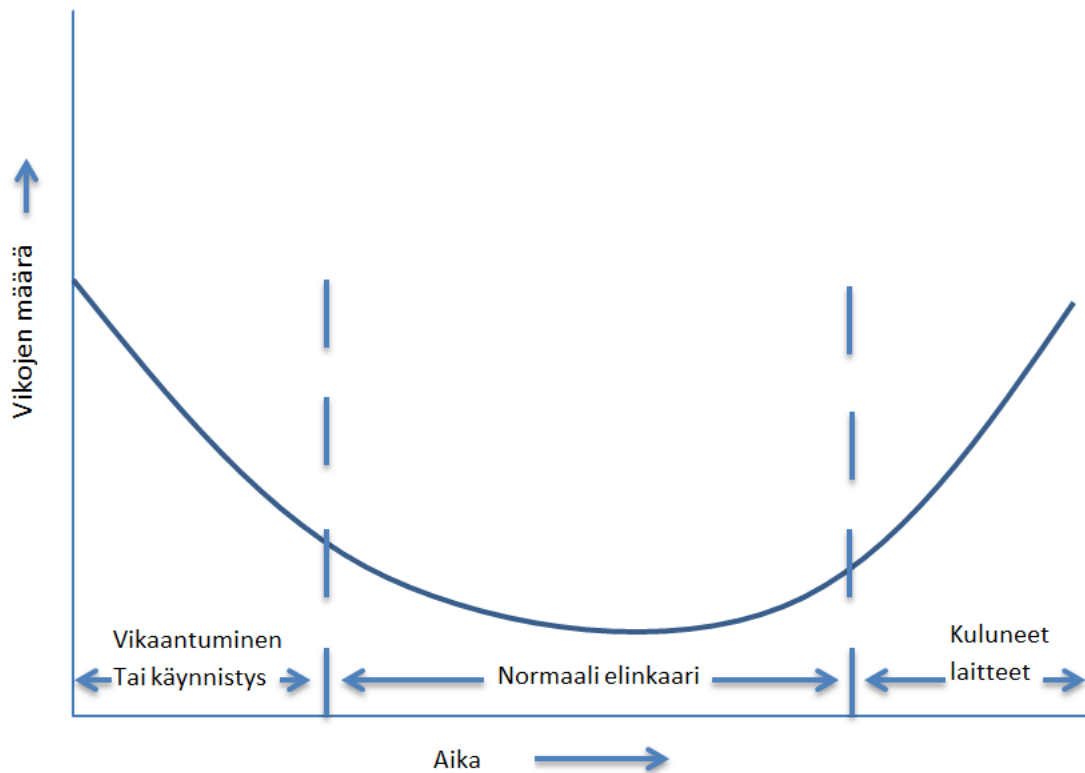
4.1 Run-to-failure -ohjelma

Run-to-failure –huolto-ohjelma on yksinkertainen ja suoraviivainen: kun laitteisto hajoaa, se korjataan. Tämänkaltaisen kunnossapitomenetelmä on alkeellisimpia ja alkuperäisiä muotoja, miten kunnossapitoa on toteutettu alkuaikoina. Tehdas, joka käyttää tätä menetelmää, ei käytä resursseja kunnossapitoon ennenkuin jotain on jo tapahtunut. Run-to-failure -menetelmä on vasta vikatilaa reagoiva tapa, joka ei suorita mitään ennen sitä. Hallintakeino on myös kaikista kallein kokonaiskustannuksia ajatellen, sillä varalla täytyy olla valmiina kokoajan varastossa materiaalia, jolla paikata rikkoutunut laite. (Mobley 2004, 3.)

Suunnittelemattomuus aiheuttaa helposti turhia työtunteja ja mahdollisesti myös ylityötunteja, seisokkiajat pitenevät ja tehdas on pitempään kiinni, josta seuraa myös alhaisempi lopputuotteen volyymituotanto. Tämä toimintatapamalli vaatii varastotoimintoja ylläpitämään erittäin suuria varaosavarastoja, jotka saattavat sisältää kokonaisia laitekokonaisuuksia jokaiselle kriittisille laitepaikalle tehtaassa. Toinen vaihtoehto on turvautua toimittajiin, joilla on omaa puskurivarastoa niin runsaasti, ettei omaa varastoa tarvitse ylläpitää. Tässäkin vaihtoehdossa nopeat toimitusaikataulut voivat olla erittäin vaihtelevia. Run-to-failure –menetelmä on muihin kunnossapitomenetelmiin verrattuna vähintään kolme kertaa kalliimpi tapa toteuttaa kunnossapitoa. (Mobley 2004, 3.)

4.2 Ennaltaehkäisevä ohjelma

Ennaltaehkäisevään kunnossapitomenetelmään on monia määrittelyjä, mutta kaikki määrittelyt ovat aikapohjaiseen suunnitteluun nojautuvia. Toisin sanoen kunnossapitotehtävät ovat määriteltävä kuluvaan aikaan esimerkiksi huolto kahden päivän välein. Seuraavassa kuviossa (6) nähdään esimerkki laitteiston elinkaaresta kunnossapidon näkökulmasta. Alla olevassa kuviossa näytetään Mean Time To Failure (MTTF), joka on kylpyammeen muotoinen käyrä. Se kertoo laitteiston todennäköisimmän ajankohdan vioittumisiin ajan suhteen. Laitteistolla on välittömästi asennushetken jälkeen ja elinkaaren loppuessa suurimmat todennäköisyydet vioittua. (Mobley 2004, 3.)



KUVIO 6. MTTF-käyrä laitteiston elinkaaresta (Mobley 2004, 3.)

Varsinaisen ennaltaehkäisevän kunnossapitomenetelmän käyttöönotossa on suuriakin eroja. Jotkin huolto-ohjelmat ovat erittäin rajattuja ja sisältävät vain voitelua sekä pieniä säätöjä. Kattavammat kunnossapito-ohjelmat aikatauluttavat huollot, voitelut, säädöt ja laitteistojen vaihdot ja uudelleenasennukset. Yhteinen nimittäjä näillä ennaltaehkäiseville huolto-ohjelmille on aikataulutus, joka olettaa että kaikki laitteistot kestävät tietyn määritellyn ajan kuten aiemmin esitellyssä kuviossa (6). Esimerkiksi yksivaiheinen vaakatasossa oleva split-case keskipakopumppu kestää keskimäärin 18 kuukautta ennen kuin se pitää huoltaa. Ennaltaehkäisevässä ohjelmassa se otettaisiin pois käytöstä 17 kuukauden kohdalla kunnostukseen. Tästä seuraa ongelma, koska käyttökohde määrittelee hyvinkin paljon, mikä tässä tapauksessa olisi keskipakopumpun elinkaari ennen huoltoa. Vettä käsittelevän pumpun elinkaari on huomattavasti pitempi kuin hankaavia lietteitä käsittelevän. Huoltotyö saattaa silloin mennä hukkaan, mikäli korjausta ei tarvittaisikaan, kun taas

haastavimmissa olosuhteissa oleva vastaava pumppu voi mennä jo aikaisemmin rikki, mikä aiheuttaa run-to-failure -menetelmän mukaiset toimenpiteet ja kustannukset. (Mobley 2004, 4.)

4.3 Ennakoiva huolto-ohjelma

Kuten ennaltaehkäisevässä menetelmässä, ennakoivassa huollossakin on monia määritelmiä. Joillekin ennakoiva huolto on pyörivien koneiden värinän monitorointia, jolla pyritään tunnistamaan laitteiston alkavia ongelmia ja välttämään katastrofaalisia seurauksia. Toisille se on taas infrapunakuvien tarkkailua sekä sähköisten kojeiden, sähkömoottorien ja muiden sähköisten laitteiden ongelmien tunnistamista mahdollisimman aikaisin. Yleinen lähtökohta ennakoivalle huollolle on säännöllinen monitorointi laitteistolle ja suunnittele mattomien huoltojen määrän minimisointi laitteistoille kokonaiselinkaaren aikana. Ennakoiva huolto on kuitenkin keino parantaa tuottavuutta, tuotteen laatua ja yleisesti tehokkuutta valmistukseen ja tehdastoimintaan. Ennakoiva huolto ei pelkästään rajoitu työvälineisiin, jotka mahdollistavat monitoroinnin ja laitteiston reaaliaikaisen kunnon seuraamisen. Vaan se on myös ajattelutapa ja asenne optimoida tehtaan toiminnot toimimaan mahdollisimman sulavasti kokonaistuotantovolyyymia ajatellen. Ennakoiva huolto-ohjelma ei käytä perinteistä MTTF-menetelmää elinkaaren määrittelyyn, vaan monitoroi laitteistoa ja pyrkii itse määrittämään elinkaaren ennen kuin huolto on tarpeellista tehdä. MTTF:ää voidaan käyttää apuna monitoroinnin aikatauluttamiseen, mikäli se ei ole jatkuvasti reaaliajassa mahdollista. (Mobley 2004, 5.)

Monitorointi myös pienentää huoltokustannuksia, koska laitteisto voidaan ottaa huoltoon heti, kun alkavia merkkejä huollon tarpeesta ilmenee. Näin ollen laitteisto ei pääse vakavasti vaurioitumaan ja huoltokustannukset ovat merkittävästi pienemmät. Ennakoivalla huollolla pystytään teoriassa estämään kaikki suunnittele mattomat huollot ja run-to-failure -tapaukset myös. Myös varaosahankintoja pystytään suunnittelemaan ennakkoon paremmin. Huoltotapaukset ovat kuitenkin loppukädessä kunnossapidosta vastaavan hallussa ja usein myös omalla ammattitaidolla pystytään arvioimaan oikea hetki, milloin laitteistoa kannattaa huoltaa. Monitorointi tarjoaa tähän arviointiin erinomaiset työkalut. On olemassa viisi erilaista tapaa kuinka huollon tarpeen voi todeta ilman, että laitteistoa ryhdytään purkamaan ja irrottamaan paikoiltaan. (Mobley 2004, 6.)

1. Värinän monitorointi
2. Prosessin parametrien monitorointi
3. Lämpökuvaus
4. Tribologinen monitorointi
5. Näköhavainnoinnit. (Mobley 2004, 6.)

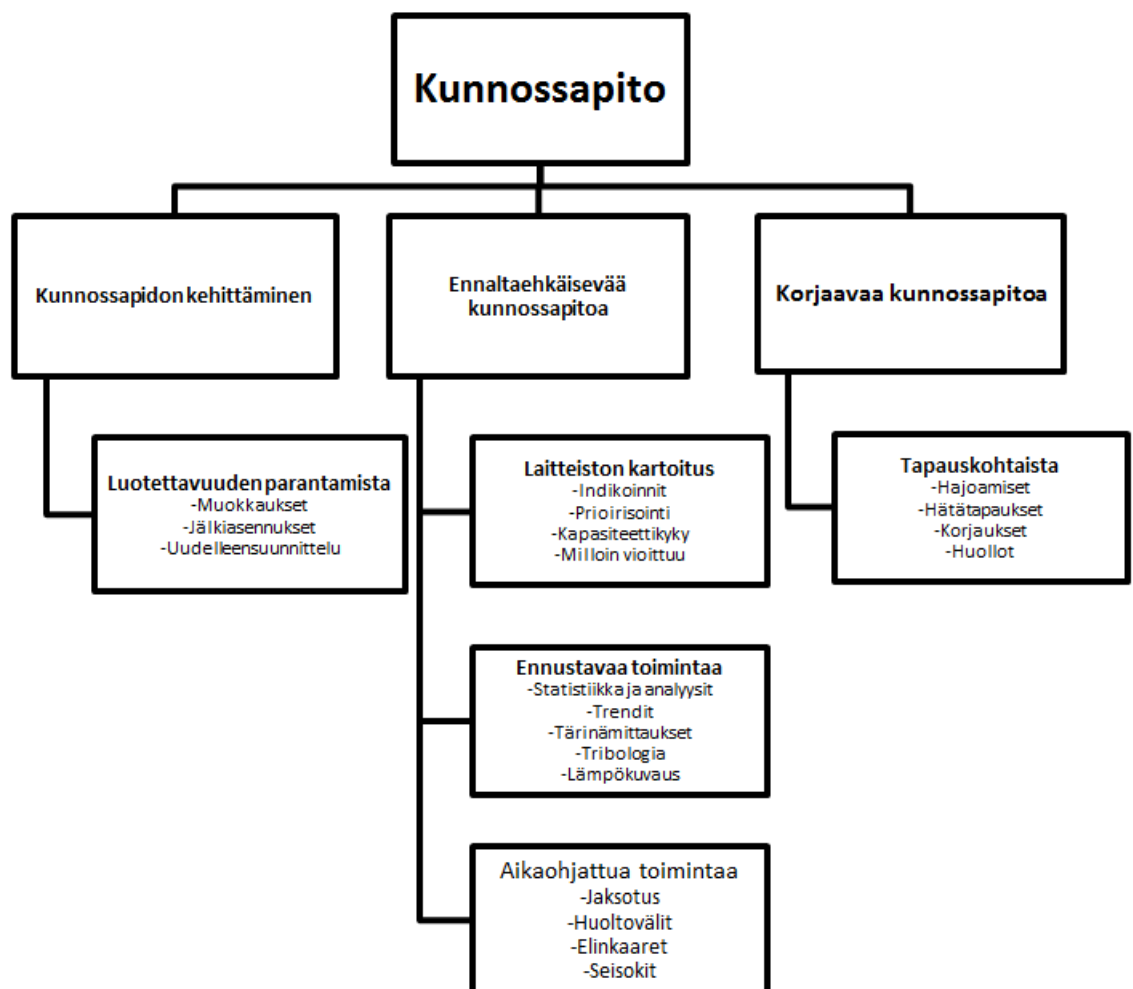
Jokaisella todentamismenetelmällä on erityispiirteitä. Laajimmat ennakoivan huollon ohjelmat sisältävät aina vähintään värinään perustuvia monitorointeja pääsääntöisenä työkaluna. Tämä johtuu siitä, että suurin osa tehdaslaitteistosta ovat mekaanisia, joten värinän seuraaminen on kaikista luotettavin ja helpoin tapa seurata huollon tarvetta. Kuitenkin värinäänalyysi ei paljasta

elektronisten laitteiden huollon tarvetta tai voiteluöljyn tilannetta. Nämä kaikki olisi hyvä yhdistää ennakoivan huollon -menetelmään. (Mobley 2004, 6.)

4.4 Kunnossapitotyypit

Kunnossapitoa on kolmella eri osa-alueella: kunnossapidon kehittäminen, korjaava toiminta ja ennaltaehkäisevä toiminta. Kunnossapidon kehittämisessä pyritään poistamaan kunnossapidon tarpeita mahdollisimman paljon kehittämällä toimintamallit siten, ettei huoltoa tarvita tai parantaa laitteiston ominaisuuksia tai olosuhteita, jottei huollon tarpeita ilmene. (Mobley 2004, 9.)

Korjaavassa toiminnassa ylläpidetään normaalia kunnossapitorutiinia huolloilla, sillä sitä tullaan joka tapauksessa usein tarvitsemaan teollisuusympäristössä. Korjaavaan toimintaan liittyy edellä mainitut huolto-ohjelmien suunnittelua ja toteutusta käytännössä. Ennaltaehkäisevässä toiminnassa pyritään välttämään alasajoja ja suunnitellaan kunnossapito siten, ettei ennenaikaisille huolloille tule tarvetta. Seuraavaksi kuvio (7) kunnossapitotoiminnan tyypeistä. (Mobley 2004, 9.)



KUVIO 7. Kunnossapitotoiminnan tyypit (Mobley 2004, 9.)

4.5 Varaosat ja varastot

Varastotoimintojen materiaaleissa, joita kunnossapito tarvitsee, on aina kyse taloudellisesta optimoinnista. Varastossa varaosien suhteen on usein kyse varastointikustannuksista ja lisäkustannuksista nopealla aikatauluilla tehtävistä toimituksista. Vaa'an toisessa päässä ovat tuotannosta aiheutuneet kustannukset, mikäli keskeytyksiä aiheutuu. Varastoitavaa varaosaa määriteltessä tulisi aina ottaa seuraavat asiat huomioon. (Opetushallitus, 2018.)

Kriittisyys tehtaan jatkuvan toiminnan näkökannasta
Rinnakkaisten laitteiden kapasiteetin nostamismahdollisuus
Hankintahinta
Toimitusaika ja luotettavuus
Varalaitemahdollisuus
Kustannukset varastoinnista
Välivarastot
Todennäköisyys vioittumiselle
Laitteiston komponentit ja korjausmahdollisuudet
Laitteen käyttöikä (Opetushallitus, 2018)

Varastoja voidaan kehittää keskittämällä materiaalia enemmän suuriin keskusvarastoihin sekä kehittämällä tietoliikennepalveluita sekä toimituspalveluita suotuisimmaksi kunnossapitotoimintaa ja talouspuolta ajatellen. Kalliit pääkomponentit ovat ongelmallisia, jotka vikaantuessa saattavat pysäyttää koko toiminnan, mutta todennäköisyys vian ilmestymiselle on pieni. Tällaisissa tapauksissa laitteita pyritään varastoimaan tai kehittämään varastointia edullisempaan tapaan, kuten luomalla yhdessä samojen kriittisten osien käyttäjien kanssa varaosapooliverkosto. Poolimenettely on edullinen, kun on paljon pientuottajia, joilla on muutama kallis tuotantoväline. (Opetushallitus, 2018.)

Kunnossapidon varastointitarve on normaalia tuotannon tarvetta haasteellisempaa, koska varastossa on usein paljon nimikkeitä, yksittäisiä varaosia saatetaan tarvita harvoin, vaativat osakokonaisuudet voivat vaatia erikoisempaa säilytystä ja varaosilla oltava moitteeton toimiminen pitkänkin varastoinnin jälkeen. Tärkeätä kunnossapidon tietojärjestelmistä on, että luotettavuus ja toimivuus on turvattu. Tämä tarkoittaa, että varastosaldot ovat oikein ja materiaalit ovat identifioitu myös oikein sekä helppolukuisesti. (Opetushallitus, 2018.)

Kehittymistarve nopeampaan, tarkempaan ja tuottavampaan varastotoimintaan on ohjannut kehitystä yhä enemmän varastoautomaation puolelle. Korkeavolyymiset keräilyoperaatiot ovat erittäin potentiaalisia kohteita automaatiolle. (Richards 2011, 82.)

Varastoautomaation etuja ovat:

Tilankäytön tehostuminen

Kontrollin lisääntyminen

Työvoiman ja energian säästäminen

Valon ja lämmityksen tarve ei pakollinen (ellei materiaali erikseen vaadi)

Valvonnan vähentyminen

Jatkuvuus, ympärivuorokautinen toiminta läpi vuoden

Materiaalin suojaaminen

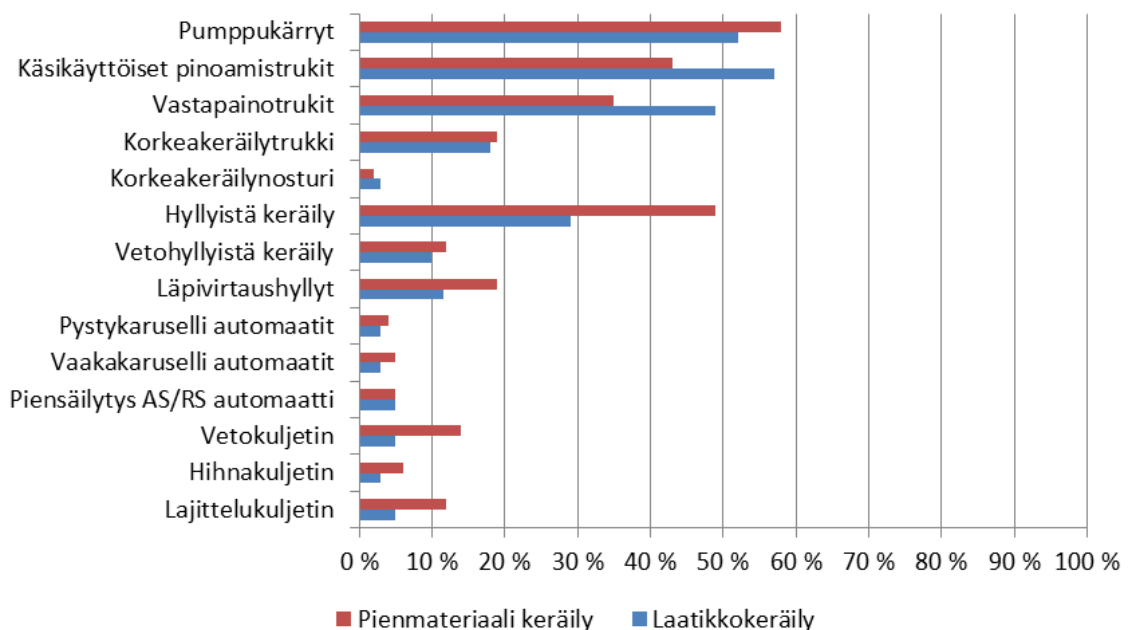
Inhimillisten virheiden väheneminen

Turvallisuus

Manuaalisen käsittelyn väheneminen

Integraatioedut (Richards 2011, 82.)

Vuonna 2011 Richardsin (2011, 83) materiaalin keräilytapatutkimukseen osallistuneiden perusteella vielä eniten varstoissa keräilyyn käytetty työkalu on pumppukärky, jota käytettiin melkein 60 % keräilytapahtumista laatikoihin ja pienmateriaaleihin. Toiseksi eniten käytetty tapa keräilyssä oli käsikäyttöiset pinoamistrukit. Hyllystä käsin kerääminen on yleisin tapa pienmateriaaleissa keräilyyn. Varastoautomaattivaihtoehtoja keräilytapahtumiin on useampia, mutta niiden käyttöaste keräilytapahtumissa oli kuitenkin vajaat 10 %. Kuviossa (7) on kerrottu tutkimustulokset laatikkojen ja pienmateriaaliin keräilyihin käytetyistä menetelmistä. (Richards 2011, 83.)



KUVIO 7. Keräilyyn käytetyt menetelmät (Richards 2011, 83.)

Automaation soveltaminen heikentyy huomattavasti, mikäli varastoprosessi ei ole soveltamishetkellä toimiva. Pelkällä automaatiolla rikkinäistä prosessia ei kannata lähteä korjaamaan. Automaatiota tulee soveltaa vain tukena jo valmiiksi toimivalle prosessille. Turhat prosessin vaiheet kannattaa jo kitkeä pois ja varastoinnin layout miettiä valmiiksi ennen automaatiota. (Richards 2011, 83.)

Richards (2011, 83) kertoo, että automaation suunnittelu vaatii huolellisen panostuksen suunnitteluun, arviointiin ja miten se sulautetaan toiminnan tueksi. Onnistuneella suunnittelulla saadaan aikaan merkittäviä parannuksia, mutta myös todetaan, onko automaatio oikea ratkaisu sovellettavaan kohteeseen. Automaatio asettaa kysymyksiä, rajoitteita ja haasteita esimerkiksi suuret investointikustannukset; olisiko investointiin suunnatut varat voitu käyttää johonkin muuhun varastotoiminnan kehityskohteeseen parantamaan toimintaa? Varastoautomaatit vaativat usein muokkauksia rakennukseen ja integroitumista toiminnanohjausjärjestelmiin. Riskiarviossa on otettava huomioon automaation tuottamat vikatilat ja niiden selvittäminen. Automaateissa laatikkokoot ovat tarkasti määriteltyjä eikä automaatio salli normaalista poikkeavia varastointeja. Tällöin laatuasiat täytyy olla tarkasti valvonnassa jo etukäteen, koska automaatio ei pysty joustamaan vaihtelevissa pakkauksien tai materiaalien muutoksissa. (Richards 2011, 83.)

Robottiikkaa on yleisimmin nähty valmistavan teollisuuden yhteydessä tuotantoon kytkettynä. Robottiikkaa myös voidaan soveltaa varaston automatisointiin, vaikka se onkin harvinaisempaa. Robottiikkaa on useita vuosia jo käytetty lavojen liikuttamiseen varastotiloissa, mutta keräilyssä se on vielä uusi ja kehittyvä teknologia. Robottiikkaa keräilyssä käytettiin alkuun työtehtävissä, joissa oli eniten toistoa, yksinkertaisuutta tai missä keräily nähtiin vaarallisena. Varastoautomaattityyppejä on erilaisia ja riippuu minkä luontoinen varastoitava materiaali on ja myös millaisesta varastotoiminnasta on kyse. (Richards 2011, 85.)

5.1 AS/RS -järjestelmä

Puhuttaessa varastoautomaatista, joka hyllyttää sekä noutaa materiaalia on kyse AS/RS-järjestelmästä (Automatic Storage and Retrieval System). Käsiteltävän materiaalin kappaleen painoluokat vaihtelevat 40-250 kg:n väliltä tyypillisesti. Myös 350-1000 kg:n väliltä löytyy AS/RS-järjestelmiä. Järjestelmä pyrkii käyttämään kuutiotilavuutensa mahdollisimman tehokkaasti ja varastoi materiaalit vapaisiin paikkoihin. Haettaessa järjestelmä muistaa sijainnin ja käy yksinkertaisesti noutamassa sen viimeksi muistamastaan paikasta. AS/RS-järjestelmissä operaattorilla on noutoluukku, josta materiaali varastoidaan sekä määrätään keräilyyn. (Richards 2011, 89.)

5.2 Karuselliautomaatit

Karusellit ovat päämääräisesti tarkoitettu keski- tai suuritehoisiin ympäristöihin, missä materiaalia liikkuu suurilla volyymilla. Karuselleja on kahta eri tyyppiä: horisontaalisia ja vertikaalisia. Horisontaaliset karusellit pyörivät vaakatasossa ja muistuttavat eniten perinteistä karusellia. Kun operaattori tekee noudon karusellista, järjestelmä pyörii kunnes löytyy oikea hyllyväli, jossa laatikko

tai materiaali on. Horisontaaliset karusellit ovat leveitä, mutta eivät kovin korkeita. Korkeampi horisontaalinen karuselli vaatii rinnalleen erikorkuisia työtasoja, jotta poiminta on mahdollista tehdä. Yleensä horisontaalisia karuselleja käytetään tiloissa, joissa kattotilaa on rajoitetusti. (Richards 2011, 94.)

Vertikaalisissa karuselleissa on täysin sama periaate, mutta järjestelmä pyörii pystysuunnassa. Tällöin saadaan korkean varastorakennuksen tila parhaiten käyttöön ilman, että viedään lattiapinta-alaa muilta toiminnoilta. Nouto myös tapahtuu yhdeltä tasolta. Noutotaso voi olla yhtä leveä kuin karuselli, joten operaattori voi joutua kävelemään enemmän vertikaalisessa mallissa. Vertikaaliset karusellit ovat yleensä hitaampia, mutta tämä ei välttämättä suoraan tarkoita sitä, että ne olisivat kaiken kaikkiaan hitaampia käyttää kuin horisontaalinen. Seuraavaksi kuvassa (2) on vertikaalinen karuselli. (Richards 2011, 95.)



KUVA 2. Vertikaalinen karuselli (Richards 2011, 95.)

5.3 A-runkoautomaatti

A-runkoautomaatti on nimensä mukaisesti A-muotoinen. A-runkoisia käytetään eniten pienten materiaalien toimitusten keräilyssä. Se on erityisesti lääke- tai luontaistuoteteollisuudessa suosittu automaatti, jossa asiakkaalle kerätään pienistä pakkauksista koostuva toimitus. Keräilylaatikko kulkee A-rungon sisällä ja ulkopuolella olevat automaattit työntävät liikkuvan laatikon kyytiin tarvittavat tuotteet. Automaattia voi soveltaa kaikkiin pienistä materiaaleista koostuviin keräilyihin. Vahvuutena on erittäin nopea toiminta, mutta heikkoutena tarkkuus ja muotonsa vuoksi vaikea sijoitettavuus. (Richards 2011, 97.)

Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipaikan keskusvaraston varastoautomaattina kuvassa (3) on 2017 keväällä käyttöönotettu Konecranes Oy:n Agilon-varastoautomaattijärjestelmä. Koska työssä oli tarkoitus kartoittaa samanlaisen varastoautomaatin soveltuvuutta kaivosvaraston puolelle, selvitettiin ensin, miten varastoautomaatti keskusvaraston puolella oli toiminut. Varastoautomaattiin on hieman reilun vuoden ajalta kertynyt jo dataa sen käytöstä. Keskusvaraston varastoautomaatista pyrittiin saamaan mahdollisimman paljon tietoa, miten sitä on käytetty vuonna 2017.



KUVA 3. Keskusvaraston Agilon-varastoautomaatti (Ollikainen 2018-9-4.)

Agilon on modulaarinen järjestelmä, joka voidaan joustavasti rakentaa monenlaiseen ympäristöön. Sen ominaisuuksiin kuuluvat reaaliaikainen varastosaldo, WEB-pohjainen käyttöliittymä, automaattitilaukset, hyllypaikkojen optimointi ja toiminnanohjausjärjestelmiin integroimismahdollisuus. Automaattia on mahdollista laajentaa modulaarisuutensa ansiosta. Agilon-automaatissa on mahdollista lainata materiaaleja, sillä järjestelmä mahdollistaa lainattavien materiaalien määrittelyn. (Konecranes 2018.)

Tiedot materiaalin kulutuksesta on mahdollista jakaa reaaliajassa toimitusketjussa niille, jotka sitä tarvitsevat. Agilonin järjestelmä käyttää teollisen internetin materiaalilogistiikkaa toiminnoissaan. Agilon laskee materiaalin painon perusteella automaatissa jäljellä olevan määrän sekä pystyy automaattisesti tilaamaan lisää materiaalia poistuneen tilalle. Agilonin järjestelmän robotti tuo materiaalit käyttäjälleen suoraan käyttöpisteelle. Varastoautomaatin hallinta tapahtuu käyttöpisteellä

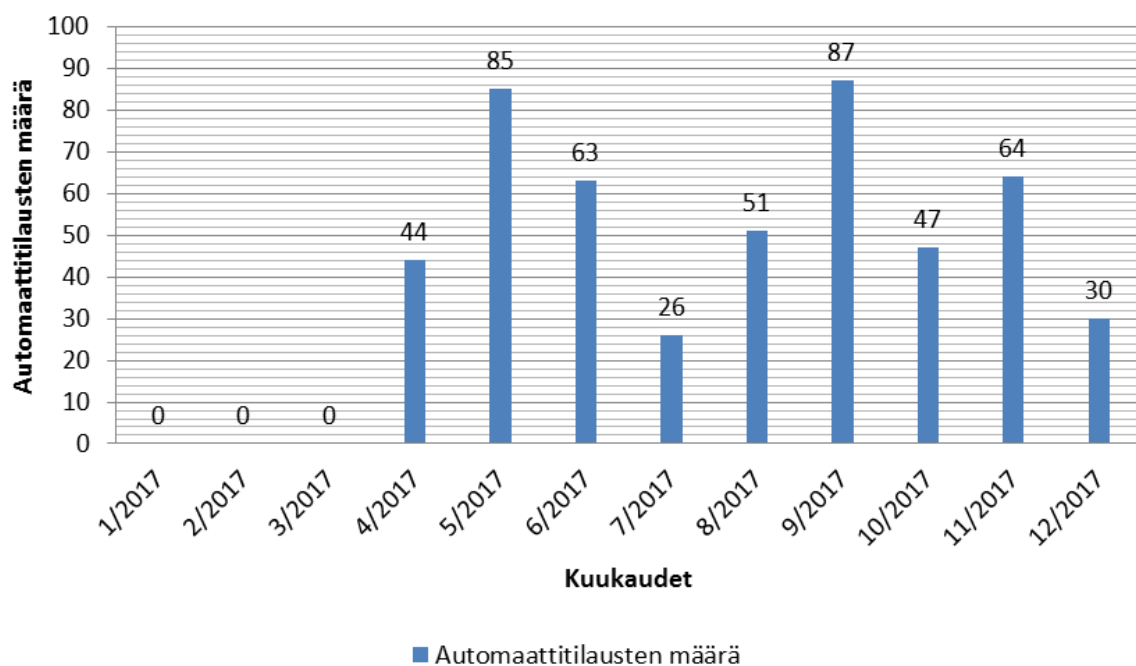
olevasta hallintapaneelistä. (Konecranes 2018.) Seuraavaksi kuva (4) Agilonin käyttöpisteestä, jossa näkyvät hallintapaneeli ja palveluluukku, josta materiaalia täydennetään ja noudetaan.



KUVA 1. Agilon varastoautomaatin käyttöpiste (Ollikainen 2018-9-4.)

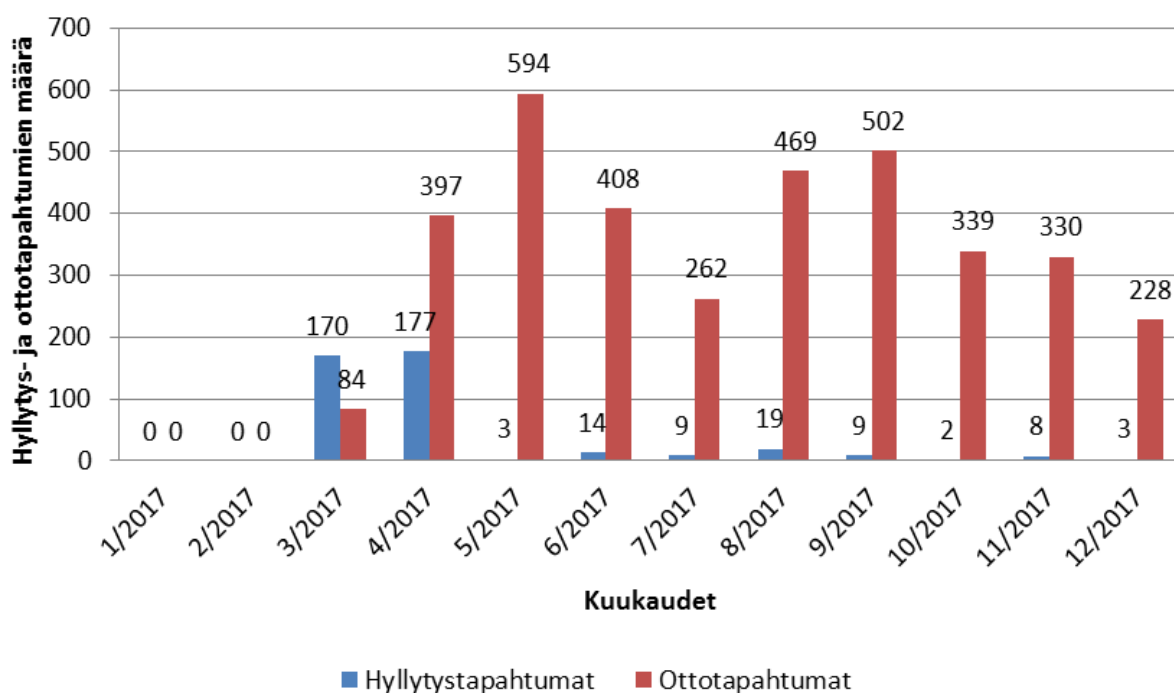
6.1 Keskusvaraston varastoautomaatti

Keskusvaraston varastoautomaatissa on vain yhden MRO-toimittajan materiaalia. Agilon-portaalin kautta saadaan varastoautomaatista ajettua erilaisia raportteja. Seuraavalla sivulla on kuvio (8) varastoautomaatin automaattisten tilausten määrästä.



KUVIO 8. Keskusvaraston automaatin automaattitilausten määrä vuodelta 2017 (Agilon portaali, 2018.)

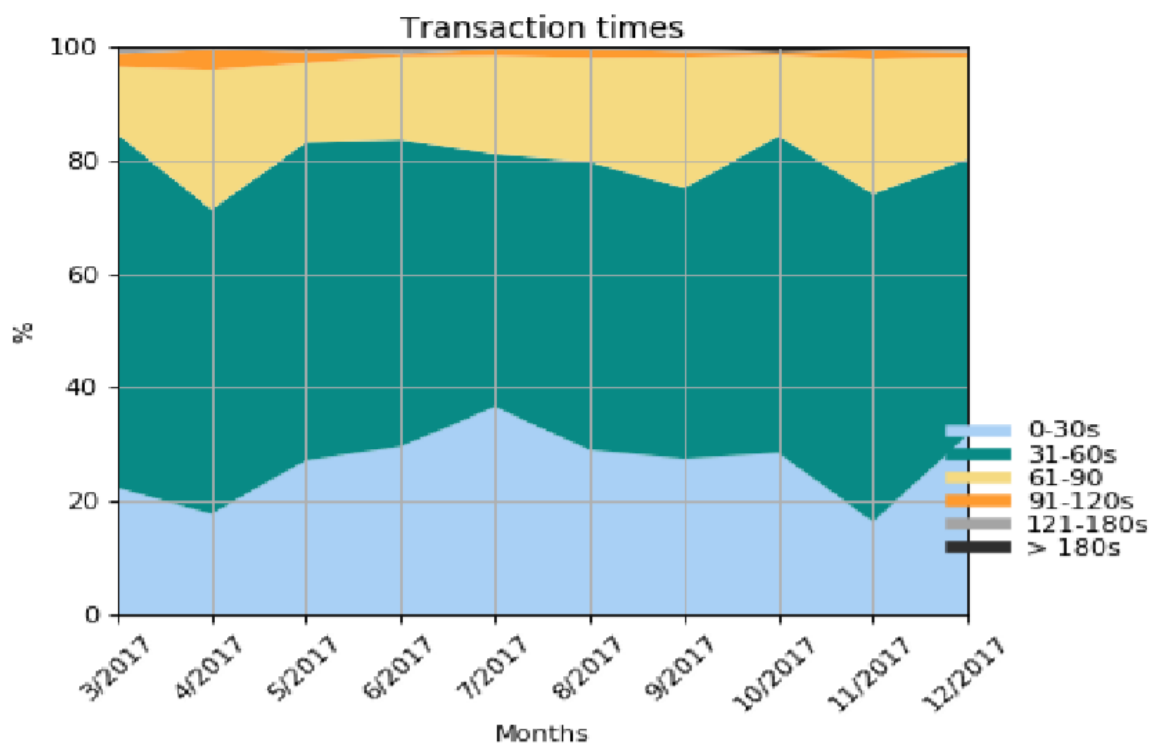
Agilon on otettu käyttöön keskusvarastolla maaliskuussa 2017, josta vuoden loppuun mennessä se on tehnyt 507 automaattitilausta. Automaattitilausten määrä helpottaa rutiininomaisissa hankinnan tehtävissä, kun automaatti hoitaa tilaukset ja toimittaa ne suoraan hyllyttäjän tietojärjestelmiin. Keskusvaraston automaatti on integroitu toimittajan ERP-järjestelmään, jonne automaattitilaukset lähetetään. Tietyissä tuotteissa tämä myös helpottaa toimittajan hyllyttäjää, sillä heidän ei tarvitse silmämääräisesti seurata varastosaldon tilannetta asiakkaan toimipaikalla. Automaattiin on määriteltä kertatilausmäärät ennalta, jonka mukaan tilausmäärät generoidaan järjestelmään. Seuraavassa kuviossa (9) käydään läpi automaatin hyllytys- ja ottotapahtumien määrää.



KUVIO 9. Hyllytys- ja ottotapahtumien määrä (Agilon portaali 2018.)

Kuviosta (9) nähdään, että vuoden 2017 aikana on ollut hyllytystapahtumia 414 kappaletta ja ottotapahtumia 3613 kappaletta. Agilon merkitsee hyllytystapahtumana, mikäli käyttöpisteelle tilatusta laatikosta käytetään vain osa ja palautetaan laatikko järjestelmään. Tämä otettiin huomioon hyllytyskertoja selvitetäessä. Hyllytystapahtumista huomataan, että käyttöönoton jälkeen maaliskuussa ja huhtikuussa on varastoautomaatti täydennetty lattiavarastotuotteilla. Tämä on aiheuttanut suuremman piikin ensimmäisen kahden kuukauden aikana. Automaattitilaukset helpottavat toimittajaa suunnittelemaan hyllytyskäyntien määrää todellisen tarpeen mukaan.

Ennen varastoautomaattijärjestelmää lattiavarastoa on täytetty silmämääräisesti, joten hyllytystä on voinut olla enemmän kuin tarve tai liian vähän. Lattiavarastotuotteille, joita automaattiin hyllytetään, ei ole tehty vuodesta 2010 lähtien vastaanottoja varastohenkilökunnan toimesta, koska materiaalit eivät ole olleet SAP-järjestelmään identifioituja. Tästä seuraten lattiavarastotoimittajilla ja varastohenkilökunnalla on ollut enemmän silmämääräistä työskentelyä, mikäli ovat huomanneet materiaalin olevan lopussa. Varastoautomaattijärjestelmässä oleville lattiavarastotuotteille ei ole ollut enää tarvetta silmämääräiselle tarkastamiselle täydennysten varalta, koska automaatti tekee täydennystilaukset. Varastoautomaatista on haettu lattiavarastotuotteita keskimäärin kymmenen kuukauden aikana 12 kertaa vuorokauden aikana. Varastoautomaatti työskentelee vuorokauden ympäri, joten se palvelee myös ilta- ja yöaikaan. Varastohenkilöstö työskentelee päivävuorossa. Seuraavassa kuviossa (10) käydään läpi keskimääräisiä aikoja, mitä yksi asiointikerta ottotapahtumissa on kestänyt.



KUVIO 10. Ottotapahtumat ajan suhteen (Agilon portaali, 2018.)

Kuviosta (10) voidaan huomata, että noin 80 % automaatin ottotapahtuma-asioinneista ovat kestäneet alle 60 sekuntia ja vain noin 20 % tapahtumista on kestänyt yli minuutin. Kuvioiden 9 ja 10 välillä voidaan todeta, kuinka paljon varastohenkilöstön työaika on säästynyt esimerkiksi siten,

kun varastossa asioiville ei ole tarvinnut etsiä materiaalia. Varastohenkilöstön ei välttämättä tarvitse olla noudoissa mukana lattiavarastotuotteiden osalta, mutta esimerkiksi henkilöstövaihtuvuuden tai avuntarpeen vuoksi he ovat mukana ottotapahtumassa. Varastoautomaation ensimmäisenä käyttövuotena varastohenkilökunta luonnollisesti joutui myös opastamaan automaatin käytössä varastossa asioivia.

Keskusvaraston varastoautomaatissa oli vuoden 2017 loppuun mennessä hyllytettynä 373 laatikkoa ja hieman yli 260 lattiavarastotuotetta. Joitain samoja materiaaleja on useampi laatikko automaatissa. Varastoautomaatin täyttöaste vuoden 2017 loppuun mennessä oli 65 %. Varastoautomaatti on tuonut säästöjä hieman yli 10 % lattiavarastotuotteissa verrattuna edellisen vuoden kustannuksiin keskusvarastolla. Todennäköisiä syitä tähän on hallitumpi kulutus ja täydennys. Lattiavarastotuotteet eivät ole kaupintavarastossa, vaan materiaalit laskutetaan täydennysten perusteella. Automaattiin asetetut tilauspisteet ja maksimitilasmäärät tekevät hyllytyksestä hallitumpaa, mikä vähentää liikatäyttämistä toimittajien osalta lattiavarastotuotteissa. Lattiavarastotuotteiden kulutukseen vaikuttavia tekijöitä saattaa olla automaattiin jäävä, käyttäjään kohdistuva, historiatieto kulutuksesta. Varastoautomaatin käyttöönotosta johtuvia lattiavarastotuotteiden kustannussäästöjä on vaikea todeta, koska vääristäviä tekijöitä ovat muun muassa lattiavarastotoimittajan vaihtuminen vuonna 2016, muutokset lattiavarastotuotevalikoimassa ja harmonisointi lattiavarastotuotteissa Suomi-tasolla Yaran organisaatiossa, millä saavutetaan synergiaetuja ostovolyymissä.

Varastoautomaatti on mahdollistanut varastoasiakkaiden omatoimisuuden, jolloin varastohenkilöstön palvelutapahtumat ovat vähentyneet. Automaatti on eristetty muusta varastosta aidalla ja käyttöluukku on kaikkien käytettävissä. Tämä on vähentänyt lattiavarastolla asioivien liikkumista keskusvaraston käytävillä. Varastoautomaatti optimoi itse hyllyjaot ja pyrkii optimoimaan mahdollisimman paljon hyllytilaa, joten automaatin hyllyjä ei tarvitse itse käydä järjestelemässä. Pakkauslaatikot sisältöineen pysyvät konemaisen tarkassa järjestyksessä, näkymättömissä, puhtaina ja pölyttöminä automaatissa. Järjestelmän web-portaali mahdollistaa reaaliaikaisen seurannan, joten manuaaliseen nimike- sekä tilaustilanteiden selvittelyihin ja inventointiin ei mene varastohenkilöstöltä aikaa. Varastoautomaatti näin ollen suorittaa itse jatkuvaa inventointia. Agilon-varastoautomaattijärjestelmän lattiavarastotuotekokonaisuus on helppo hahmottaa kokonaisuudessaan raporteilla, ilmoituksilla sekä seurantamahdollisuuksilla. (Pekkarinen, 2018.)

6.2 Keskusvaraston nimikkeellisten materiaalien ABC-analysointi

Opinnäytetyössä selvitettiin myös integraation kannattavuutta SAP-toiminnanohjausjärjestelmään. Nimikkeellisillä materiaaleilla tarkoitetaan SAP-järjestelmään identifioitua tuotteita, joiden saldotilanne päivitetään noutojen myötä toiminnanohjausjärjestelmään. Nimikkeellisillä materiaaleilla on oma varastopaikka ja hylly, jonne varastoidaan kutakin materiaalia vastaanoton jälkeen. Siilinjärven tehtailla nimikkeellisiä materiaaleja on kaiken kaikkiaan 7992 kpl.

Työssä ajettiin SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä raportti kaikista identifioituista varastomateriaaleista ja verrattiin niitä vuonna 2017 tapahtuneisiin ottotapahtumien määriin. Raporttiin ajettiin myös kokonaismäärä nimikkeittäin, paljonko kyseistä materiaalia oli kulutettu 2017 kalenterivuonna. Kokonaiskulutusta ja ottotapahtumia keskenään verratessa todettiin, että ottotapahtumien määrä on oleellista tietoa varastoautomaatin kartoitusta ajatellen, koska se kertoo suoraan, kuinka monta kertaa työntekijät ovat varastossa käyneet materiaalia hakemassa. Pelkkä kokonaisnimikemäärän seuraaminen ei kerro, kuinka kuormittavaa varastossa asiointi on varastotoiminnoille. Ajallisesti sillä on vähäinen merkitys, haetaanko samaa materiaalia yksi kappale vai viisi kappaletta varastosta.

Seuraavaksi taulukko (5) varastokierrosta keskusvarastolla mukaillen Richardsin (2011, 124) taulukkoa ABC-analyysistä. A-kiertoluokkaan määriteltiin materiaali, joka kiertää keskimäärin kerran kuukaudessa ottotapahtumien perusteella. B-kiertoluokka kiertää keskimäärin joka toinen kuukausi. C1-kiertoluokka kiertää harvemmin kuin joka toinen kuukausi ja C2-luokka ei ollenkaan vuonna 2017.

TAULUKKO 5. Keskusvaraston nimikkeellisten materiaalien ABC-kiertonopeusanalyysi vuodelta 2017 (SAP-raportit 2018.)

ABC-luokitus	Prosentuaalinen osuus nimikkeistä	Ottotapahtumia	Kappalemäärä
A	0,5 %	Kerran kuukaudessa	43 kpl
B	1,5 %	Joka toinen kuukausi	120 kpl
C1	19 %	Harvemmin	1533 kpl
C2	79 %	Ei ottotapahtumia	6296 kpl

Varastoautomaattiin tulisi sijoittaa nimikkeellistä materiaalia, joka kiertää riittävästi ja vähentäisi myös manuaalista työtä varastohenkilöstöltä. Nimikkeiden kokonaismäärästä 21 %:lla on tapahtunut vähintään yksi ottotapahtuma vuoden 2017 aikana. Kiertävimpien tuotteiden hankinnan automatisointi vähentäisi työtaakkaa toimitusketjusta. Näin ollen myös tilaukset saataisiin suoraan reaaliajassa toimittajalle. Varastokierrosta näkee myös sen, että suurin osa nimikkeistä on kunnossapitoon liittyviä kriittisiä varaosia, jotka täytyy olla varastossa valmiina, mikäli huoltotarpeita ilmenee. Vaikka kiertoa ei ole, materiaali on kunnossapidon toimesta määriteltä varastoitavaksi, mikäli tarve sille tulee.

Varaosien saaminen automaattiin ja sitä kautta automaattitilauksiin, varmistaisi paremmin saatavuutta ja reagointinopeutta saldomäärän tippuessa alle määritellyn tilauspisteen. Materiaalin kierron perusteella A- ja B-kiertoluokka voisivat olla potentiaalisia varastoautomaattiin sijoitettavia nimikkeitä. A- ja B-luokan nimikkeitä tarkemmin läpikäydessä tulee vastaan todennäköisesti materiaaleja, jotka eivät kokonsa, painon tai erikoisluonteensa vuoksi olisi sopivia varastoautomaattiin. Soveltuvuutta ABC-määrittelyn perusteella varastoautomaattiin pitäisi tutkia

vielä tarkemmin työn toimeksiantajan kanssa. Nykyistä keskusvaraston varastoautomaattia tulisi todennäköisesti laajentaa, mikäli nimikkeellisiä materiaaleja varastoitaisiin sinne.

Työssä kerättiin tietoa keskusvaraston nimikkeellisten materiaalien ostokerroista vuodelta 2017. Tilausten automatisointi vähentäisi hankinnan rutiininomaisia työtehtäviä ostotilausten luomisessa toimittajalle. Automaattitilausten hyödyntäminen vaatisi sen, että materiaali kierron ABC-analyysissä olisi ensin päätetty sijoittaa hyllytettävä varastoautomaattiin. Tilauksen käsittely nopeutuisi sähköisen kaupankäynnin lisääntyessä, koska Agilon lähettää tilauksen sähköisillä sanomilla suoraan toimittajan ERP-järjestelmään.

Seuraava taulukko esittää (6) ABC-analyysia keskusvaraston nimikkeiden ostotilausmääristä mukaillen Richardsin (2011, 124) taulukkoa. A-luokkaan kuuluvia nimikkeitä tilataan enemmän kuin 5 kertaa vuodessa, B-luokkaan kuuluvia kolmesta neljään kertaan vuodessa ja C1-luokkaa kahdesta yhteen kertaan ja C2-luokkaa ei kertaakaan.

TAULUKKO 6. Keskusvaraston nimikkeellisten ABC-ostokertojen analyysi vuodelta 2017 (SAP-raportit 2018.)

ABC-luokitus	Prosentuaalinen osuus nimikkeellisistä	Ostotilauksia vähintään vuodessa	Ostotilausten kokonaismäärä
A	0,9 %	5 kpl	71 kpl
B	2 %	3 kpl	161 kpl
C1	14,5 %	1 kpl	1159 kpl
C2	82,6 %	Ei ostokertoja	0 kpl

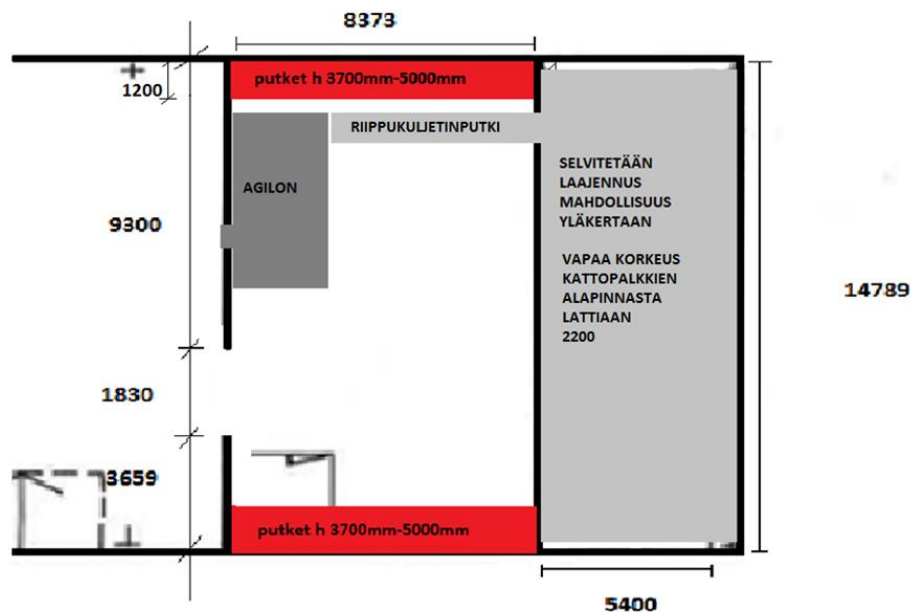
Joidenkin materiaalien luonne vaatii sen, että sitä ei kannata tilata vain kerran vuodessa. Esimerkiksi joidenkin liimojen laatu voi pitkäaikaisessa varastoinnissa huonontua käyttökelvottomaksi, jolloin sitä tilataan useamman kerran vuodessa hyvien ominaisuuksien varmistamiseksi. Varastointitilaa pyritään myös optimoimaan tilaamalla tiettyjä materiaaleja vain silloin, kun se on vähissä tai loppunut kokonaan. Materiaalien ominaisuuksilla, varastointitilalla ja käyttötarkoituksella on vaikutusta ostotilausmääriin.

6.3 Kaivosvaraston varastoautomaatin tarvekartoitus

Kaivosvaraston varastoautomaatin taustalla on tarpeet, joita nykyisessä varastomallissa on ilmennyt. Tavoitteena olisi saada enemmän lämmintä varastointitilaa, hallita lattiavaraston kustannuksia paremmin ja pienentää varastoinnin kokonaiskustannuksia. Varastoautomaatti parantaisi materiaalien saatavuutta ja tekisi tarpeettomaksi varastosaldojen seuraamista silmämääräisesti täydennysten varalta. Agilon-automaatissa on mahdollista lainata materiaaleja, sillä järjestelmä mahdollistaa lainattavien materiaalien määrittelyn. (Immonen 2018.)

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käytiin läpi erimallisia varastoautomaatteja, mutta ensisijaisesti käyttökohteeseen on hahmoteltu samanlaista Agilon-varastoautomaattia kuin keskusvarastolla.

Kaivosvarastolla työskentelee vähemmän varastohenkilöstöä, joten automaattilla on suurempi potentiaali tehostaa varastotoimintoja ja parantaa palveluallttiutta. Kristianssonin (2018) kuviossa (11) on kaivosvaraston pohjapiirustus ja todennäköisiin sijoituspaikka. Palveluluukku tulisi kaivosvaraston ja korjaamon väliseinään.



KUVIO 11. Kaivosvaraston pohjapiirustus ja varastoautomaatin mahdollinen sijoituspaikka (Kristianson, 2018.)

Suunnitelmassa on otettu huomioon mahdollinen laajennusoptio yläkerran varastotiloihin, joista on portaita pitkin työlästä muutenkin hakea materiaalia. Varastoautomaatilla olisi turvallisuutta lisäävä vaikutus, kun portaita ei jatkossa tarvitsisi käyttää. Seuraavassa kuvassa (5) nähdään vielä digitaalinen kuva sijoituspaikasta, joka olisi korjaamon ja varaston peltiseinän vieressä. Kuvasta nähdään hyvin, miten paljon varastointitilaa olisi vielä pystysuunnassa hyödynnettävissä.



KUVA 5. Automaatin mahdollinen sijoituspaikka (Ollikainen 2018-9-4.)

Automaatin sijoituspaikkaa määrittäisi hyvin paljon myös palveluluukku, jonka pitäisi tulla korjaamon puolelle. Varaston puolelta olisi tarkoitus vähentää ylimääräistä henkilöliikennettä, koska se lisää tapaturman ja hävikin riskiä. Varastossa liikutaan trukilla ja varastomiehen poissa ollessa saldovähennykset tapahtuvat jälkeenpäin jätetyn muistilapun tai muun huomautuksen avulla. Automaatin sijoittaminen vaatisi hyllyjen purkamisen, LVI-töitä sekä rakennusteknisiä töitä. Kuvasta (6) nähdään, miten tällä hetkellä lattiavarastotuotteet ovat varastoitu kaappeihin kaivosvarastolla.



KUVA 6. Lattiavarastotuotteiden hyllytys (Ollikainen 2018-9-4.)

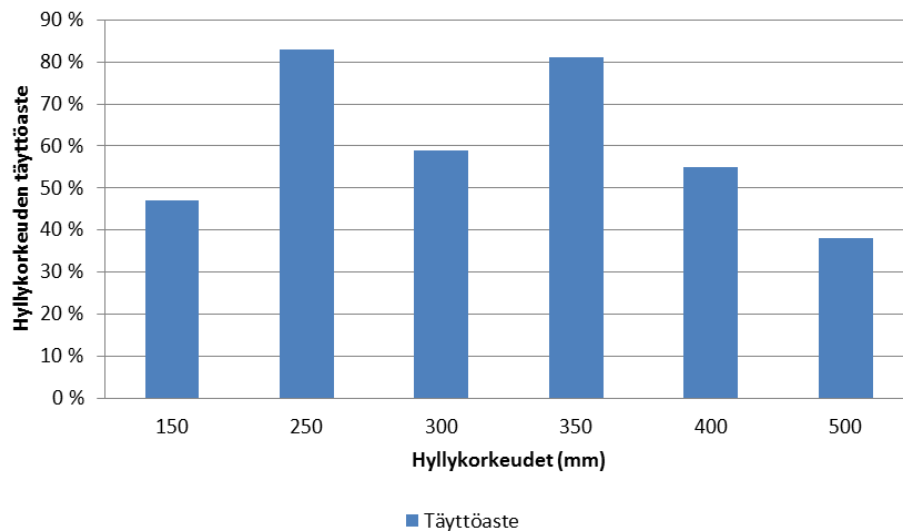
Kuvan (6) mukaisia kaappeja on korjaamon puolella useampia ja ne vievät tilaa korjaamon toiminnoilta. Automaattiin varastointi toisi lisätilaa korjaamon puolelle, joka on kaivosvaraston seinänaapurina.

Automaattiin tulisi lattiavarastotuotteita ja nimikkeellisiä materiaaleja. Työssä tehtiin kartoitusta lattiavarastotuotteiden määrästä sekä nimikkeistä kaivosvaraston puolella. SAP-järjestelmästä ajettiin ulos raportit ABC-varastokiertoanalyysia varten. Seuraavassa taulukossa (7) on lattiavarastotuotteiden määrä kaivosvarastolla. Listat lattiavarastotuotteista kerättiin toimittajilta ja ne käytiin läpi varastotoimintojen kanssa, mitä voitaisiin automaattiin varastoida jatkossa. Tällä hetkellä keskusvaraston automaattiin varastoidaan vain lattiavarastotoimittajan numero yksi materiaaleja. Tavoite olisi myös saada jatkossa toisenkin toimittajan lattiavarastotuotteita automaattiin.

TAULUKKO 7. Kaivosvaraston lattiavarastotuotteiden määrä (Toimittajan dokumentit 2018.)

Toimittaja	Lattiavarastotuotteita
Lattiavarastotoimittaja 1	278 kpl
Lattiavarastotoimittaja 2	101 kpl
Yht.	379 kpl

Kaivosvarastossa on lattiavarastotoimittajilla yhteensä 379 lattiavarastotuotetta. Keskusvaraston varastoautomaattiin hyllytetään vain toisen lattiavarastotoimittajan tuotteet, mutta kaivosvaraston varastoautomaattiin haluttaisiin hyllyttää molempien lattiavarastotoimittajien tuotteet. Seuraavaksi on kuvio (12) tämänhetkisen keskusvaraston automaatin täyttöasteesta hyllykorkeuden suhteen.



KUVIO 12. Keskusvaraston varastoautomaatin täyttöaste hyllykorkeuden suhteen (Agilon portaali 2018.)

Kuviosta (12) nähdään eniten hukkatilaa muodostuvan 500 mm:n korkuisissa hyllyissä, joiden täyttöaste on vain alle 40 %. Keskusvaraston automaatin täyttöasteen tiedon hyödyntäminen pitäisi ottaa huomioon kaivosvaraston automaattia suunnitellessa. Hyllykorkeuksille 250 mm ja 350 mm voisi jatkossa varata enemmänkin tilaa suuren täyttöasteen vuoksi. Hyllykorkeudet ja hyllyjen määrät määritellään Agilon-automaatin perustamisvaiheessa.

6.4 Kaivosvaraston nimikkeellisten materiaalien ABC-analysointi

Työssä käytiin läpi kaivosvaraston nimikkeellisten materiaalien lista. Yara Suomi Oy:llä merkataan nimikkeellisten materiaalien alku XFIN-tunnuksella, jonka jälkeen seuraa yhdeksännumeroinen juokseva numerosarja esimerkiksi XFIN123456789. Näillä tunnuksilla nimikkeelliset materiaalit on identifioitu ja ne on voitu ajaa SAP-järjestelmään. Kaiken kaikkiaan kaivosvarastolla on nimikkeellisiä materiaaleja 2397 kappaletta. Tämä tarkoittaa, että keskusvarastolla on 330 % enemmän nimikkeellisiä materiaaleja kuin kaivosvarastolla.

Yhdessä työn toimeksiantajan kanssa päätettiin, että nimikkeellisen tulisi kiertää vähintään kerran kuukaudessa tai useammin, jotta sen sijoittaminen nykyisessä toimintamallissa olisi hyödyllistä automaattiin. Automaatti materiaalin varastopaikkana on kuitenkin arvokas ja sitä ei kannata käyttää materiaaleihin, jotka eivät kierrä. Jotkin varaosat saattavat olla varastossa jopa 20 vuotta ennen käyttöönottoa. Seuraavaksi taulukko (8) kaivosvaraston nimikkeellisten varastokierrosta mukaillen Richardsin (2011, 124) ABC-analyysia.

TAULUKKO 8. Kaivosvaraston nimikkeellisten ABC-kiertonopeusanalyysi vuodelta 2017 (SAP-raportit 2018.)

Kiertoluokka	Prosentuaalinen osuus nimikkeellisistä	Ottotapahtumia	Kappalemäärä
A	1,5 %	Kerran kuukaudessa	36 kpl
B	0,8 %	Joka toinen kuukausi	21 kpl
C1	19,1 %	Harvemmin	460 kpl
C2	78,6 %	Ei ottotapahtumia	1880 kpl

Kaivosvaraston nimikkeellisten materiaalien osalta yhteensä 21,4 %:lla on tapahtunut vähintään yksi ottotapahtuma vuoden 2017 aikana. Nimikkeellisten listauksessa huomattiin, että kaivosvaraston materiaalien koko tai paino tulisi rajaamaan varastoautomaattiin sijoitettavien materiaalien määrää. Esimerkiksi suuremmat varaosat, öljyt, kuljettimet, räjähteet ja moottorit ovat haastavia varastoitavia tilan vaativuuden, erikoissäännösten tai painon vuoksi. Erikoissäännösten vuoksi esimerkiksi räjähteitä täytyy pitää omassa varastossaan.

Agilon-varastoautomaatin robotin maksimikäsittelpaino on materiaalille 25 kg ja hyllykorkeus on maksimissaan 500 mm. Kun rajaavat tekijät ja ABC-varastokiertoanalyysin varastokierto otettiin huomioon, jäljelle jäi A-luokasta kuusi nimikkeellistä tuotetta, jotka olisi voinut varastoida automaattiin. Tämän perusteella pystytään päättämään, ettei integraation ajaminen SAP-toiminnanohjausjärjestelmään vain A-luokan nimikkeellisten materiaalien osalta toisi lisäarvoa varastotyön tehokkuuteen. Tarkemmassa analyysissä voisi B-luokan vielä arvioida uudelleen automaattiin hyllyttämisen suhteen yhdessä toimeksiantajan kanssa.

Seuraavaksi kaivosvaraston nimikkeiden ostotilausten määrä analysoitiin ABC-analyysillä, kuten keskusvaraston ostotilauksillekin tehtiin. Seuraavaksi taulukko (9) kaivosvaraston nimikkeellisten materiaalien ostotilausten määrän ABC-analyysi mukaillen Richardsin (2011, 124) taulukkoa.

TAULUKKO 9. Kaivosvaraston nimikkeellisten materiaalien ABC-analyysi ostotilauksista vuodelta 2017 (SAP-raportit 2018.)

ABC-luokitus	Prosentuaalinen osuus nimikkeellisistä	Ostotilauksia vähintään vuodessa	Ostotilausten kokonaismäärä
A	1,1 %	5 kpl	27 kpl
B	1,7 %	3 kpl	43 kpl
C1	13,8 %	1 kpl	332 kpl
C2	83,4 %	Ei ostokertoja	0 kpl

Kaivosvaraston nimikkeellisiin materiaaleihin pätevät samat tekijät tilauspisteen asettamisessa kuin keskusvarastolla. Potentiaali automaattitilausten hyödyntämisessä on pienempi kuin keskusvarastolla johtuen ostotilausten pienemmästä kokonaismäärästä.

6.5 Agilonin integrointi toiminnanohjausjärjestelmään

Työssä selvitettiin mahdolliset hyödyt, mikäli tulevaan ja nykyiseen varastoautomaattiin hankittaisiin integrointi toiminnanohjausjärjestelmään. Puhuttaessa yritysten toiminnanohjausjärjestelmistä käytetään lyhennettä ERP (Enterprise Resource Planning).

ERP on laaja toiminnanohjausjärjestelmä, joka sisältää yrityselämän elementtejä resurssisuunnittelusta toimitusketjun hallintaan saakka. ERP mahdollistaa yrityksen toimintojen sisällä automatisoinnin. ERP-järjestelmiin kerätään mahdollisimman paljon tietoa yrityksen toiminnasta päätietokantaan ja tieto integroidaan toimintoihin. (Sehgal 2009, 157.)

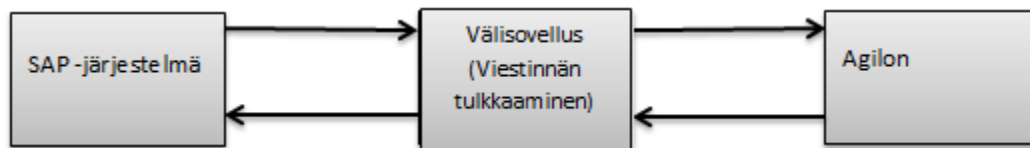
Yara Suomi Oy:ssä käytössä oleva ERP-toiminnanohjausjärjestelmä on SAP. SAP-toiminnanohjausjärjestelmä on yksi yleisimmistä ja suosituimmista yrityksen tietojenhallintajärjestelmistä. Se sisältää talous-, henkilöstö-, tuotanto-, toimitusketju-, palvelu- ja hankintatoiminnot. Järjestelmä pyrkii integroimaan kaikki toiminnot saman ohjelmiston alaisuuteen. Myös analyysien ja raporttien tekeminen on mahdollista. (SAP America Inc. 2018.)

Sähköisistä toiminnanohjausjärjestelmistä toisen yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään yleisin viestinvälitys partnereiden kesken kulkeutuu EDI-sanomina. Yritysten tulee tänä päivänä viestittää toisilleen sähköisiä EDI-sanomia ainakin suurimpien kumppaneidensa kanssa. Yleisimpiä kohteita ovat logistiikka ja varastotoiminnot, joissa seurataan esimerkiksi lähetyksen tilannetta, lähetysviestejä, toimituspäivää ja muita materiaalin käsittelyyn ja vastaanottoon liittyviä viestejä. Toinen vastaava tiedonsiirtotapa on XML (Extensible Markup Language). Sanomat mahdollistavat toiminnanohjausjärjestelmien automaation ja integroinnin muihin järjestelmiin. (Sehgal 2009, 170.) Mikäli varastoautomaatti halutaan itsenäiseksi ja täysin automatisoiduksi on toiminnanohjausjärjestelmään integroiminen myös otettava huomioon suunnittelun alkuvaiheessa. Poirier ym. (1996, 69) kirjoittavat siitä, kuinka vähän yrityselämässä kuitenkin hyödynnetään EDI-sanomia, vaikka valmius monessakin järjestelmässä tähän on.

Agilon voidaan integroida toiminnanohjausjärjestelmään käyttäen viestinnässä hyväksi SAP:in tuottamaa IDocs (Intermediate Document) -viestintää, joka käännetään viestiketjun aikana XML-muotoon varastoautomaatille. Käännöksen tekee välisovellus, joka toimii siltaavana yksikkönä järjestelmien välissä. Viestintää pystytään räätälöimään asiakkaan omien tarpeiden mukaan. Integrointia perustettaessa lähtötiedot tulevat asiakkaan omasta tietokannasta, joka siirretään varastoautomaattiin. (Agilon-ERP integration)

On mahdollista toteuttaa myös kaksisuuntaista viestintää, jolloin varastoautomaatti pystyy välittämään tietoa takaisin SAP-järjestelmään. Agilonin ja SAP:in viestiliikenteeseen saadaan muun muassa materiaalitiedot, saldotiedot, kulutukset työnumeron perusteella, esikeräily,

automaattitilaukset ja käyttäjätiedot. Seuraava kuvio (13) esittää viestinnän kulkemisen integraatiossa. Päätelaitteiden lisääntyessä ainoa muutos viestiketjussa on Agilon-laitteiden lisääntyminen. (Leminen, 2018.)



KUVIO 13. Viestiketjun kulkeutuminen SAP -integraatiossa (Leminen 2018.)

Seuraavassa taulukossa (10) on Agilon-integroinnin mahdollisuudet viestiliikenteeseen SAP-järjestelmän kanssa (Leminen 2018).

TAULUKKO 10. Viestiliikennemahdollisuudet Agilonin ja toiminnanohjausjärjestelmän kanssa (Leminen 2018.)

Toiminto	Viesti SAP - Agilon	Viesti Agilon - SAP
Materiaalin päivitykset	x	
Varastotapahtumat (saldomuutokset, työlle kulutukset, vastaanotot)		x
Keräilylista	x	
Ostotilaukset	x	
Automaattitilaukset (vaatii synkronisoinnin toimittajan ERP-järjestelmään)		x (toimittajan ERP)
Työnumeroiden siirto	x	
Käyttäjätiedot	x	

Työn tavoitteena oli selvittää kirjallisuuskatsauksen avulla varasto- ja kunnossapitotoimintoja sekä varastoautomaatiota. Lisäksi tutkittiin Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipaikan keskusvaraston varastoautomaation tuomia tehokkuuksia varastotoimintoihin ja selvitettiin varastoautomaation lisäämisen kannattavuutta kaivosvarastolle. Nykyisessä keskusvaraston varastoautomaatissa ei ollut toiminnanohjausjärjestelmään integrointia ja senkin mahdollisesti tuomia hyötyjä haluttiin selvittää.

Opinnäytetyön tavoitteena oli toimia päätöksenteon tukena, lisätäänkö varastoautomaatiota kaivosvarastolle samanlaisella ratkaisulla kuin keskusvarastolla ja otetaanko varastoautomaatin integraatio SAP-toiminnanohjausjärjestelmään käyttöön. Integraatio mahdollistaisi identifioitujen varastomateriaalien säilyttämisen myös varastoautomaatissa sekä reaaliaikaisen seurannan SAP-toiminnanohjausjärjestelmässä. Kaivosvaraston varastoautomaatin lisäämisen hyötyjä selvitettiin keskusvarastolla toteutuneista varastoautomaatin raporteista, SAP-raporteista ja kustannuksista. Työssä pohdittiin identtisen Agilon-varastoautomaattijärjestelmän kannattavuutta kaivosvarastolle.

Agilon-automaatti keskusvarastolla on otettu käyttöön vuonna 2017 maaliskuussa. Vuotta 2016 verrattiin vuoteen 2017 ja huomattiin varastoautomaatin tuoneen säästöä hieman yli 10 % lattiavarastotuotteissa. Säästölaskelmassa ei otettu huomioon Agilonin perustamis- ja käyttökustannuksia. Agilon-webportaalin avulla saatiin raporteja keskusvaraston automaatista vuodelta 2017. Työssä saatiin selville automaattilausten määrä, hyllytys- ja ottotapahtumien määrä, täyttöaste sekä aika, mitä keskimääräinen ottotapahtuma varastoautomaatilla on kestänyt. Lisäksi selvitettiin keskusvaraston varastoautomaatin lattiavarastotuotteiden määrä ja sen täyttöaste vuodelta 2017. Integraation kannattavuutta SAP-toiminnanohjausjärjestelmään käytiin läpi ABC-analyysin avulla. Varastohenkilöstön kokemuksia varastoautomaatista kerättiin haastattelujen avulla.

Kaivosvaraston varastoautomaatin optimaalisin sijoituspaikka määriteltiin kaivosvaraston ja korjaamon väliseinän kohdalle. Automaatin laajennusmahdollisuus riippukuljetinputkea pitkin kaivosvaraston yläkertaan otettiin huomioon suunnittelussa, mikäli tarpeita automaatin laajentumiselle tulisi. Kaivosvaraston kaapeissa oleville lattiavarastomateriaaleille tehtiin selvitys, paljonko materiaalia on ja mitä niistä pystyttäisiin varastoimaan automaattiin. Identifioitujen nimikkeellisten materiaalien selvitystyö ja varastokierto toteutettiin Richardsin (2011, 124) ABC-analyysin avulla läpi pohtien samalla mitkä nimikkeellisistä materiaaleista voitaisiin varastoida varastoautomaattiin. Kaivosvaraston varastoautomaatin potentiaalisia hyötyjä pystyttiin arvioimaan keskusvaraston automaatin tutkimustulosten perusteella.

Varastoautomaation lisäämispäätöksessä kaivosvarastolle tullaan käyttämään hyväksi keskusvaraston varastoautomaatista saatuja tutkimustuloksia. Kustannusten säästämisen arvioinnissa lattiavarastotuotteissa käytettiin keskusvarastolla toteutunutta prosentuaalista säästöä. Varastotoimintojen tehokkuuden lisääntyminen kaivosvarastolla oletettiin myös keskusvaraston saatujen raporttien avulla. Varastohenkilöstön palaute keskusvaraston varastoautomaatista otettiin myös huomioon.

Tutkimustyötä tehdessä ja kaivosvarastolle varastoautomaatille paikkaa selvittäessä huomattiin, että varaston yleisen layoutin uudelleenmiettimisessä olisi kehittämismahdollisuutta. Kuten Richards (2011, 2) esittää, pelkästään automaatiolla ei pitäisi hakea ratkaisua varastotoimintojen tehokkuuteen, vaan kokonaisuus varastotoiminnoissa pitäisi ensin olla kunnossa, jonka jälkeen automaatiolla voidaan täydentää sitä.

Richardsin (2011, 44) mukaan suurin osa varastotoimintojen kustannuksista aiheutuu keräilystä, joten varastoautomaatin sijoitettavien materiaalien suurempi määrä vähentäisi varastotoimintojen keräilykustannuksia. Kaivosvaraston lattiavarastotuotteiden kulutus on pienempi kuin keskusvarastolla, vaikka lattiavarastotuotteiden määrä on melkein sama. Oletettu hieman päälle 10 %:n säästö lattiavarastotuotteiden kustannuksissa ei yksin puoltaisi identtisen varastoautomaatin hankintaa kaivosvarastolle. Varastossa kiertävien identifioitujen materiaalien määrä oli pienempi kuin keskusvarastolla, joten SAP-toiminnanohjausjärjestelmään integraatiota ei kannattaisi todennäköisesti pelkästään kaivosvaraston nimikkeellisten materiaalien suhteen harkita. Myös materiaalien paino, koko tai erityisluonne vaikuttaisi haasteelliselta identtisen varastoautomaatin hyödyntämisessä. Kaivosvaraston tilankäyttöä ollaan suunnittelemassa uudelleen vuoden 2018 aikana, joten varastoautomaatin tarve tulisi ottaa samassa yhteydessä huomioon.

Tutkimustulosten läpikäynnissä toimeksiantajan kanssa todettiin, että kaivosvaraston varastoautomaatin kannattavuudessa on muitakin arvoja lattiavarastokustannusten lisäksi. Lämmintä varastotilaa haluttaisiin enemmän, ja kaivosvaraston layoutin uudelleensuunnittelun lisäksi varastoautomaatilla saataisiin kaivosvaraston varastointitilaa hyödynnettyä tehokkaammin ja sen ansiosta lisättyä lattiavarastopinta-alaa. Nykyisessä kaivosvaraston layoutissa olisi erityisesti tarve laajentaa suurempien materiaalien lavasäilytystilaa. (Mine Warehouse layout & automation 2018.)

Kaivosvaraston seinänaapurina oleva korjaamo tarvitsisi lisää vapaata lattiapinta-alaa, josta nykyiset lattiavarastotuotteet vievät tilaa. Varastoautomaatilla olisi todennäköisesti positiivisia vaikutuksia kaivosvaraston palvelun ympärivuorokautiseen saatavuuteen, ja ylimääräisen henkilöliikenteen rajaaminen varaston- ja korjaamon alueelta olisi turvallisuutta lisäävä tekijä. Kaivosvaraston lattiapinta-alan lisäämiseksi rakennuksen laajentaminen on myös vaihtoehto, mutta varastoautomaatilla voisi mahdollisesti välttää suurempia rakentamisesta aiheutuvia laajennuskustannuksia. (Mine Warehouse layout & automation 2018.)

Keskusvaraston varastoautomaatin Agilon-raporteista havaittiin nykyisen varastoautomaatin olevan tehokas ja tuoneen säästöjä lattiavarastokustannuksissa. Integraatio SAP-toiminnanohjausjärjestelmään nähdään potentiaalisena, koska hyvin kiertäviä, nimikkeellisiä materiaaleja, on keskusvarastolla enemmän kuin kaivosvarastolla. Keskusvaraston Agilon-varastoautomaattiin tulisi varastoida lisäksi nimikkeellistä materiaalia.

Keväällä 2018 aloitetaan selvitystyö, miten kaivosvaraston tilaa voitaisiin parantaa ja seinänaapurina olevan korjaamon tiloja voitaisiin samalla optimoida. Nähtiin järkeväksi, että koko rakennuksen

tarpeet korjaamon ja varaston kannalta kannattaisi ottaa huomioon ja suunnitella nämä ensin toimivammaksi kokonaisuudeksi yhteistyössä kunnossapidon, varastotoimintojen ja hankinnan kanssa. Kaivosvaraston ja korjaamon layoutin suunnittelu jäävät jatkotutkimuksen aiheeksi. Suunnittelun yhteydessä katsotaan vielä uudestaan läpi varastoautomaation tarve.

Varastoautomaatin SAP-integraation suunnittelussa pitäisi vielä selvittää tarpeelliset EDI-sanomat, jotta integraatiosta saisi mahdollisimman paljon hyötyä. Tuplakirjaamisen riski pitäisi välttää huolellisella EDI-sanomien suunnittelulla, jotta manuaalista työtä ei tarvitsisi tehdä automaattisten tilausten rinnalla. Silloin automaattitilauksista saataisiin varsinaista hyötyä rutiinihankintoihin. Automaattitilauksissa pystyttäisiin myös hyödyntämään SAP-toiminnanohjausjärjestelmän automaattitilausmahdollisuutta. Tällöin nimikkeellisiä materiaaleja ei kannata varastoautomaattiin sijoittaa pelkästään automaattisen tilaamismahdollisen vuoksi. Keskusvaraston Agilon-varastoautomaatiojärjestelmän laajennuksen tarve pitäisi arvioida integraation yhteydessä ja selvittää työssä tuotetun materiaalikartoituksen avulla automaattiin varastoitavien nimikkeellisten materiaalien määrä. AS/RS-varastoautomaatit on koettu hyödyllisiksi integraatiomahdollisuuksien ja tietokoneällyn vuoksi.

Koska varastoautomaatteja on erilaisia, jää myös pohdinnan ja jatkotutkimuksen aiheeksi käydä läpi erilaisia varastoautomaattiratkaisuja tulevaisuudessa. Sekä keskus- että kaivosvarastolla on todettu säilytystilan puutetta kaikista eniten lavahyllyissä, joten esimerkiksi karuselliautomaatit voisivat olla mahdollisia. Opinnäytetyössä onnistuttiin tuottamaan työn tilaajalle riittävästi tietoa varastoautomaatin lisäämis- ja kehittämispäätöksen tekoon ja työn seurauksena ryhdytään tekemään toimenpiteitä kaivosvarastossa ja nykyiseen keskusvaraston automaattiin.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

RICHARDS, Gwynne 2011. A Complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse. Intia: Kogan Page Limited. ISBN 978 0 7494 6074 7.

HUOVINEN, Jouni 2018-10-4. Siilinjärvi, Kategoriapäällikkö [Haastattelu.] Siilinjärvi: Yara Suomi Oy

Yara Suomessa, 2018. [verkkoaineisto] Yara Suomi Oy. [viitattu 2018-1-2] Saatavissa: <http://www.yara.fi/>

The History of Yara, 2018. [verkkoaineisto] Yara International ASA. [viitattu 2018-1-2] Saatavissa: <http://yara.com/about/history/>

Yara Suomen historia, 2018. [verkkoaineisto] Yara Suomi Oy. [viitattu 2018-1-2] Saatavissa: <http://www.yara.fi/tietoa-yarasta/about-yara-local/historia.aspx>

Yara Suomi Oy, 2015. 2015-9-4. Digivalokuvat [digikuva]. Sijainti: Siilinjärvi: Sähköiset kokoelmat.

ARNOLD, J.R. Tony, CHAPMAN, Stephen, N. ja CLIVE, Lloyd, M. 2014. Introduction to Materials Management. Seventh Edition. Iso-Britannia: Pearson Education Limited. ISBN 13: 978-1-292-02108-9.

BOLTEN, Erns F. 1997. Managing Time and Space in the Modern Warehouse : With Ready-to-use Forms, Checklist & Documentation. Yhdysvallat: AMACOM American Management Association. ISBN: 0-8144-7956-1.

ADEL. A Ghobbar, FRIEND, Chris H 2004. The material requirements planning system for aircraft maintenance and inventory control: a note. School of Engineering and Mathematical Sciences, City University London.

MOBLEY, R. Keith 2004. Maintenance Fundamentals. Iso-Britannia: Elsevier Inc. ISBN: 0-7506-7798-8.

OPETUSHALLITUS. Kunnossapito – menestystekijä. [verkkoaineisto] Opetushallitus, 2018. [viitattu 2018-6-4] Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-5_varaosat_ja_varastot.html

OLLIKAINEN, Jani 2018-9-4. Digivalokuvat [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

Konecranes, 2018. Konecranes Suomi, Agilon materiaalihallinta [verkkoaineisto] Konecranes Oy. [viitattu 2018-8-4] Saatavissa: <http://www.konecranes.fi/laitteet/agilon-materiaalinhallinta>

Agilon portaali, 2018. Agilon raportit vuodelta 2017 [digitaalinen raportti]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

SAP-raportit, 2018. Materiaalikierron analyysit keskusvaraston ja kaivosvaraston koodatuista materiaaleista vuodelta 2017. [digitaalinen raportti] Yara Suomi Oy. [päiväys 2018-1-2] Sijainti: Siilinjärvi: Tekijän sähköiset kokoelmat.

IMMONEN, Katri 2018-2. Siilinjärvi, Hankintapäällikkö [Haastattelu.] Siilinjärvi: Yara Suomi Oy, Siilinjärven toimipiste.

Pekkarinen, Kimmo 2018-4.11. Siilinjärvi, Senior Storeman [Haastattelu.] Siilinjärvi: Yara Suomi Oy, Siilinjärven toimipiste.

KRISTIANSON, Joonas 2018. [piirustus] Kaivosvaraston varastoautomaatin sijoitus. Sijainti: Siilinjärvi: Tekijän sähköiset kokoelmat.

Toimittajan dokumentit, 2018. [digitaalinen raportti] Lattiavarastotuotteiden määrä vuodelta 2017. Sijainti: Siilinjärvi: Tekijän sähköiset kokoelmat.

SEHGAL, Vivek 2009. Nimike: Enterprise Supply Chain Management : Integrating Best in Class Processes. Yhdysvallat: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978 0 470 46545-5.

SAP America Inc, 2018. SAP Software Solutions | Business Applications and Technology [verkoaineisto] [viitattu 2018-6-4] Saatavissa: <https://www.sap.com/index.html>

LEMENEN, Rainer 2016-27-4. AGILON-SAP INTEGRATION SCENARIOS Konecranes Oy 2018. [digitaalinen ohjeistus] Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

Agilon-ERP integration 2017-1-9. AGILON-ERP INTEGRATION DESCRIPTION. Konecranes Oy 2018. [digitaalinen ohjeistus] Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

POIRIER, Charles C, REITER, Stephen E. 1996. Supply Chain Optimization : Building the Strongest Total Business Network. Yhdysvallat: Berret-Koehler Publishers. ISBN: 1-881052-93-1.

Mine Warehouse layout & automatisaton, 2018-4-11. [Palaveri] Siilinjärvi: Yara Suomi Oy